

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

Departamento de Informática



VISUALIZAÇÃO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Hugo Miguel Baltazar Aguiar

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Sistemas de Informação

2009

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

Departamento de Informática



VISUALIZAÇÃO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Hugo Miguel Baltazar Aguiar

DISSERTAÇÃO

Trabalho orientado pela Prof^ª. Doutora Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Sistemas de Informação

2009

Agradecimentos

Agradeço à Professora Doutora Maria Beatriz Carmo, pela sua orientação e acompanhamento, pela sua constante dedicação, motivação, força, conhecimento e entusiasmo demonstrados ao longo deste trabalho que muito contribuíram para o seu sucesso.

Agradeço à minha família pelo apoio incondicional e ajuda ao longo de toda a fase académica.

Os meus agradecimentos à FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) através do projecto PTDC/EIA/69765/2006 por ter financiado o trabalho de investigação apresentado neste relatório.

Agradeço a todos os meus amigos e a todo o pessoal do LabMAg pela sua ajuda, ideias e camaradagem que forneceram ao longo do ano, em especial à minha amiga Dayana pela força, apoio e conselhos que me foram bastante úteis nos piores e melhores momentos.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pelos bons momentos passados ao longo dos últimos anos.

Aos meus pais, à minha irmã, avós e à minha amiga Dayana

Resumo

A crescente utilização em ambiente móvel de ferramentas de computação e de comunicação, bem como, o surgimento de modelos equipados com câmara digital e sensores de posição e de orientação proporcionam o desenvolvimento de novas formas de interacção e pesquisa de informação.

A possibilidade de determinar a orientação através da bússola de um dispositivo é bastante importante no contexto de *location-awareness*, pois permite gerar uma maneira mais eficiente de navegar e de encontrar a informação desejada. Este facto cria um novo paradigma nas aplicações de dispositivos móveis, uma vez que os dispositivos podem ser usados como ponteiros virtuais, permitindo ao utilizador aceder à informação geo-referenciada apenas apontando para o objecto que está a observar.

Neste trabalho apresenta-se um sistema que permite explorar novas técnicas de pesquisa de informação geo-referenciada através do uso de um dispositivo móvel. Recorrendo à utilização de sensores de localização e orientação obtém-se informação sobre pontos de interesse seleccionados de acordo com a sua localização relativamente à posição do utilizador. Desenvolveu-se uma interface para a pesquisa de pontos de interesse com o intuito de ser integrável com a aplicação *MoViSys*, combinando: imagens captadas em tempo-real, a indicação da orientação do dispositivo e a representação de informação sobre pontos de interesse pesquisados de acordo com a direcção de observação e a distância ao utilizador.

Palavras-chave: Sensores de posição e de orientação, visualização de informação geo-referenciada, sistema de posicionamento global (GPS), realidade aumentada

Abstract

The growing trend towards mobile devices computing tools and communication, with the emergence of models equipped with a digital camera and position and orientation sensors, provide the development of new forms of interaction and information search.

The ability to determine the orientation through a compass of a device is very important in the context of location-awareness. It allows generating a more efficient way to navigate and find the desired information. This creates a new paradigm in mobile applications, as the device can act as a virtual pointer. This way users access to geo-referenced information just by pointing to the object they are observing.

This document presents a system that explores new query techniques for geo-referenced information through the use of a mobile device. The query is performed taking advantage of location and orientation sensors. We developed an interface to be integrated with the application MoViSys. This interface allows searching for points of interest. It combines images captured in real time with indication of the device orientation and representation of information about points of interest located in the user's vicinity and field of view.

Keywords: Location and orientation sensors, visualization of geo-referenced information, global positioning system (GPS), augmented reality

Conteúdo

Capítulo 1	Introdução.....	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objectivos.....	3
1.3	Contexto e Contribuições do Trabalho	3
1.4	Organização do Documento	4
Capítulo 2	Trabalho Relacionado	5
2.1	Porquê Usar um Dispositivo Móvel?.....	5
2.2	Realidade Aumentada.....	6
2.2.1	O que é a Realidade Aumentada	6
2.2.2	Componentes de um Sistema de Realidade Aumentada	7
2.2.3	Realidade Aumentada e Equipamentos Móveis.....	10
2.2.4	Limitações na Utilização de Realidade Aumentada na Pesquisa de Pontos de Interesse	12
2.3	Serviços Baseados na Localização	13
2.3.1	Sistema GPS.....	13
2.3.2	Orientação e Localização	16
2.4	Exemplos de Aplicações.....	16
2.4.1	Geo-Wand	16
2.4.2	Point-to-Discover	17
2.4.3	HIPS	19
2.4.4	Wikitude	20
2.4.5	Orientação por Mapas	20
Capítulo 3	Pesquisas Interactivas de Pontos de Interesse	22
3.1	Sistema <i>MoViSys</i>	23
3.2	Pesquisa de Pontos de Interesse.....	24
3.2.1	Definição da área de pesquisa	24
3.2.2	Determinação dos pontos de interesse dentro da área de pesquisa ...	26

3.2.3	Determinação da Localização dos Pontos de Interesse Relativamente à Posição do Utilizador.....	27
3.2.4	Distância dos pontos de interesse.....	31
3.3	Interface.....	31
3.3.1	Interface de Configuração	32
3.3.2	Interface de Pesquisa.....	35
3.3.3	Área de imagens em tempo real	36
3.3.4	Área da bússola digital	37
3.3.5	Área de consulta de pontos de interesse.....	37
3.3.6	Modo dinâmico vs Modo Estático	40
3.4	Alteração do modelo da base de dados do sistema MoViSys	41
3.5	Arquitectura do Sistema	43
Capítulo 4	Conclusões e Perspectivas Futuras.....	44
4.1	Conclusões.....	44
4.2	Perspectivas Futuras	45
	Bibliografia	46
	Anexo – Realidade Aumentada.....	52

Lista de Figuras

Figura 2-1 - (a) Mochila com HMD, (b) <i>Tablet PC</i> , (c) PDA, (d) <i>Smartphone</i> [Wagner Thesis 2005]	6
Figura 2-2 - Milgram's Reality-Virtuality Continuum.....	7
Figura 2-3 - Realidade Aumentada com visualização através de um Monitor [Vallino 1998]	8
Figura 2-4 - <i>Optical see-through</i> [Vallino 1998].....	8
Figura 2-5 - PDA usado como interface para um sistema de Realidade Aumentada [Wagner 2005].....	9
Figura 2-6 - Exemplo do <i>workflow</i> de uma aplicação de realidade aumentada usando marcadores [Wagner & Schmalstieg 2007]	10
Figura 2-7 – Mostra os 24 satélites em órbita pela Terra [URL aboutGPS].....	13
Figura 2-8 – Transmissão e recepção dos dados GPS [URL aboutGPS].	14
Figura 2-9 - mostra como vários produtos e serviços trabalham em conjunto de forma a providenciar um servido baseado na localização [Steven 2009].....	15
Figura 2-10 – Arquitectura do sistema Point-to-Discover e correspondente cenário de uso [Simon 2005].....	18
Figura 2-11 – Vista da aplicação Point-to-Discover [Simon 2005].....	19
Figura 2-12 – Vista de satélite do Wikitude World Browser [URL WikitudeWorldBrowser].	20
Figura 3-1 - Representação de pontos de interesse sobre um mapa no sistema MoViSys [Pombinho 2008].....	23
Figura 3-2 - Latitude e Longitude [worldatlas].....	25
Figura 3-3 – <i>MoViSys</i> – Um sistema de visualização para dispositivos móveis. Exemplo de áreas consideradas onde poderemos verificar três distâncias, sendo que a área 1 é a mais pequena, aumentando a distância sucessivamente na área 2 e 3 [Pombinho 2008].....	26
3-4 - Delimitação da área de pesquisa em 8 partes iguais.	28
Figura 3-5: Determinação de cada região associada a um rumo da rosa-dos-ventos	29
Figura 3-6 - Interface de configuração: GPS e bússola estão inactivos.....	33
Figura 3-7 - GPS e bússola estão activos	34

Figura 3-9 - Áreas da interface. Em 1 temos a área de imagens captadas em tempo real; Em 2 a bússola digital. E em 3 temos a informação sobre os pontos de interesse que se divide em: a) imagens armazenadas, b) seta para sequência no sentido directo, c) seta para sequência no sentido retrógrado e em d) identificação dos pontos de interesse.	36
Figura 3-10 - Informação detalhada do ponto de interesse a visualizar.....	39
Figura 3-11 - Orientação sem nenhum ponto de interesse.....	39
Figura 3-12 – Interface no modo estático	40
Figura 3-13 – Alterações ao modelo da base de dados do sistema MoVisys.	42
Figura 3-14 – Arquitectura do Sistema	43

Lista de Tabelas

Tabela 1: Ferramentas de captura de vídeo para *desktop* e dispositivos móveis 53

Tabela 2: Ferramentas de rastreamento de marcadores para *desktop* e dispositivos móveis..... 54

Tabela 3: Ferramentas de geração de imagem para *desktop* e dispositivos móveis 54

Lista de Siglas

LBS	Location Based Services
GPS	Global Positioning System
HMD	Head Mounted Display
PDA	Personal Digital Assistants
RFID	Radio-Frequency Identification
GIS	Geografic Information Systems
AGPS	Assisted GPS
UMPC	Ultra-Mobile PC
CPU	Central Processing Unit

Glossário

BoundingBox	Caixa Envolvente
Tracking	Rastreamento
tags ID	Marcadores de identificação

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

A sociedade onde vivemos é marcada pelo desenvolvimento intenso de novos meios tecnológicos com o objectivo de evoluir e de criar novas aplicações. Este desenvolvimento tornou-se substancialmente visível ao nível dos dispositivos móveis, onde a sua evolução permite introduzir um novo paradigma em relação à interface com o utilizador, oferecendo uma nova maneira de aceder à informação através do uso de serviços que combinam a orientação e a posição.

De acordo com um estudo referido em [Capin et al 2008], 3.3 mil milhões de pessoas usam dispositivos móveis o que nos permite concluir que aplicações direccionadas para esta área atingem um número crescente de utilizadores.

Neste panorama apercebemo-nos que a mobilidade está combinada com um crescente desejo de utilização, em ambiente móvel, de ferramentas de computação e comunicação tornando-se cada vez mais essencial na nossa vida privada [Glockner et al 2002]. Por exemplo, o aparecimento de novos dispositivos, equipados com bússola digital, câmara digital e sensores de posição e inclinação permitem o desenvolvimento de novas aplicações com o intuito de oferecer informação relevante do contexto envolvente e novas formas de interacção e pesquisa.

A integração de sensores de localização em dispositivos móveis promoveu o desenvolvimento de aplicações baseadas na localização (*LBS - Location Based Services*), que ganham cada vez mais importância no mercado das telecomunicações. O interesse por este tipo de aplicações é comprovado em estudos efectuados com utilizadores [Kaasinen 2003]. Os sistemas de navegação automóvel, tais como o TomTom Navigator [URL TomTom], o Navigaton [URL Navigaton] ou o NDrive [URL NDrive] são exemplo disso. Neste caso, a orientação é obtida à custa da deslocação. Caso o utilizador esteja parado então será necessário o uso de uma bússola para determinar a sua orientação.

A crescente tendência dos dispositivos móveis integrarem GPS (Global Positioning System) sugere claramente que serviços baseados na localização serão fulcrais no desenvolvimento de aplicações para estes dispositivos [Simon 2007]. Também o facto de quase todos os dispositivos móveis incluírem uma câmara, faz com que ganhe cada vez mais interesse como plataforma para a realidade aumentada [Azuma 1997] [Azuma et al 2001]. Esta técnica permite adicionar informação à percepção visual que o utilizador tem do seu ambiente. Isto faz com que o dispositivo móvel actue como uma janela que mostra uma vista aumentada do mundo real, abrindo novas portas à utilização deste sistema que pode ser transportado facilmente para todo o lado.

De acordo com Huey e Wickens [Huey & Wickens 1993] a orientação geográfica refere-se ao conhecimento do ambiente em que uma pessoa se move e à relação entre a posição onde uma pessoa está, onde esta devia estar e para onde vai. Desta maneira é introduzido um novo paradigma na interface com o utilizador de forma a que as pessoas descubram informação e a usem em movimento.

O uso de uma bússola tem a vantagem de permitir criar uma interface com o utilizador com uma navegação intuitiva, pois apenas precisa de apontar o dispositivo na direcção desejada. Ao mesmo tempo, permite dar ao utilizador uma liberdade de escolha, dando a este a oportunidade de seguir a indicação da bússola ou não. Têm sido desenvolvidas aplicações baseadas neste conceito. Por exemplo, o sistema *Geo-wand* permite ao utilizador identificar um objecto apenas apontando para ele [Egenhofer 1999].

Apesar dos grandes avanços a nível tecnológico nos dispositivos móveis, ainda existem grandes limitações em termos do poder computacional destes dispositivos quando comparados com um *desktop*:

- Limitados em termos de CPU e de memória;
- Baixa resolução de ecrã (apesar de os novos PDA atingirem já 480x800 pixels);
- Problemas na capacidade da bateria;
- Reduzido espaço do ecrã que limita o tipo de funcionalidades e aplicações a serem usadas;
- Problemas na conectividade;

Além destas limitações junta-se a falta de ambientes específicos para o desenvolvimento de aplicações em ambientes móveis. Por exemplo, no estudo feito no decurso deste trabalho sobre a realidade aumentada em dispositivos móveis verificou-se que as aplicações existentes de domínio público não são suficientemente completas e

têm pouca documentação. Relativamente à determinação da orientação e da localização, existe o problema da eficácia do GPS e do erro na leitura da bússola causado por factores externos, tais como a interferência electromagnética.

O facto de poder contribuir para o desenvolvimento de uma área em grande ascensão e virada para um grande número de utilizadores faz com que esta investigação seja muito motivadora. Há ainda muito por explorar na área da geo-referenciação de forma a pesquisar informação de uma forma mais intuitiva e natural.

1.2 Objectivos

Como objectivo inicial deste trabalho pretendeu-se explorar técnicas de realidade aumentada em dispositivos móveis de modo a estender as funcionalidades do sistema MoViSys [Carmo 2008]. O MoViSys é um sistema para visualização da informação geo-referenciada em dispositivos móveis representando pontos de interesse sobre um mapa. Na sequência da investigação inicial sobre realidade aumentada exploraram-se técnicas de localização e orientação, em dispositivo móvel, de modo a permitir ao utilizador pesquisar e visualizar informação sobre pontos de interesse localizados na sua vizinhança.

1.3 Contexto e Contribuições do Trabalho

Este projecto foi realizado no ano lectivo 2008/2009, no âmbito do Projecto em Engenharia Informática do Mestrado em Engenharia Informática, do Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. O trabalho foi desenvolvido no LabMAg, no contexto de um projecto conjunto deste laboratório e do LaSIGE financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, denominado “Visualization of Geo-referenced Information” (PTDC/EIA/69765/2006). O trabalho foi proposto e orientado pela professora Maria Beatriz Carmo.

Neste trabalho articulou-se a integração de várias ferramentas de modo a conceber uma interface para pesquisa de pontos de interesse em dispositivos móveis que combina imagens captadas em tempo-real, a indicação da orientação do dispositivo e a representação de informação sobre pontos de interesse pesquisados de acordo com a direcção de observação e a distância ao utilizador.

O trabalho desenvolvido encontra-se descrito no artigo “Pesquisas Baseadas na Localização e na Orientação em Dispositivos Móveis” aceite para publicação no 17º

Encontro Português de Computação Gráfica que decorrerá de 29 a 30 de Outubro na Covilhã.

1.4 Organização do Documento

Após este capítulo, onde se descreveram as motivações, objectivos e contribuições do trabalho, este documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2 – Trabalho Relacionado

Neste capítulo são analisadas técnicas de realidade aumentada e são apresentadas aplicações baseadas na identificação de localização e orientação em dispositivos móveis.

- Capítulo 3 - Pesquisas Interactivas de Pontos de Interesse

Neste capítulo apresenta-se o trabalho desenvolvido, nomeadamente os algoritmos usados e a interface elaborada.

- Capítulo 4 – Conclusões e trabalho futuro

Neste capítulo são tiradas as conclusões e apresentadas perspectivas para o futuro, incluindo melhorias ao trabalho e novas direcções de desenvolvimento.

Capítulo 2

Trabalho Relacionado

Neste capítulo apresenta-se o resultado do estudo efectuado sobre realidade aumentada e serviços baseados na localização e na orientação em dispositivos móveis, referindo-se os principais conceitos e aplicações existentes.

2.1 Porquê Usar um Dispositivo Móvel?

Como referido no ponto 1.1 existem várias limitações na utilização de dispositivos móveis. No entanto, a facilidade de transporte e a possibilidade de poder interactivar com a informação no local apropriado tornam as aplicações móveis muito interessantes. Por exemplo, um arquitecto pode mostrar em tempo real como a planificação de um edifício irá ficar no seu ambiente antes de ser construído através da utilização de realidade aumentada, ou um turista pode visualizar informações complementares sobre um determinado edifício recorrendo a sensores de localização e orientação e a realidade aumentada.

Equipamentos como os *BackPack/HMD* (ver figura 2-1 - (a)) têm grande desempenho a nível computacional fazendo com que o utilizador tenha as mãos livres para operar. Hoje em dia são socialmente inaceitáveis, pois afecta severamente a agilidade. Devido ao facto de as pessoas se interessarem por dispositivos pequenos e de baixo custo, como os telemóveis ou computadores de bolso (PDA), optámos por usar um PDA (Figura 2-1 – (c)) de forma a implementar o nosso sistema. Os PDA são pequenos e leves, de forma a caber numa mão, de baixo custo e hoje em dia começam a atingir os requisitos para concretizar os sistemas baseados na localização, na orientação e com realidade aumentada. A primeira vaga de PDA tinha limitações do processador e do ecrã. A evolução destes dispositivos tem sido rápida e os PDA e telefones mais recentes têm processadores potentes podendo realizar tarefas complexas, como, ligar-se a várias redes e mostrar imagens 3D de alta resolução. Alguns são equipados com câmara, GPS, sensores (acelerómetro, bússola), leitor de RFID.

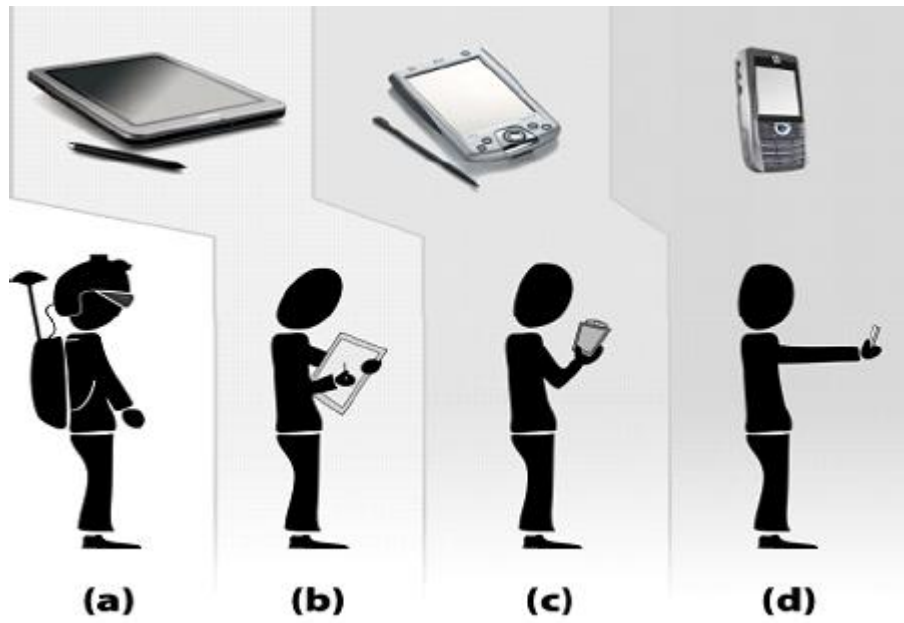


Figura 2-1 - (a) Mochila com HMD, (b) *Tablet PC*, (c) *PDA*, (d) *Smartphone* [Wagner Thesis 2005]

2.2 Realidade Aumentada

2.2.1 O que é a Realidade Aumentada

A realidade aumentada [Azuma 1997] [Azuma et al 2001] é uma técnica para mostrar objectos virtuais como se estes existissem no mundo real. Isto é feito geralmente através da geração de objectos tridimensionais sobre a visão do mundo real. A realidade aumentada complementa a realidade em vez de a substituir. Como o mundo real é um espaço tridimensional é normal que a maior parte dos objectos virtuais criados sejam tridimensionais de forma a dar ao utilizador a noção que um objecto virtual e os objectos reais coexistem no mesmo espaço. Mas também podem ser apresentadas informações bidimensionais, utilizando texto, imagens e menus.

Apesar dos primeiros sistemas terem sido desenvolvidos nos anos 60, onde eram usados os *Head Mounted Displays* de forma a apresentar gráficos tridimensionais, a realidade aumentada apenas se separou da realidade virtual e se tornou numa área de pesquisa no início dos anos 90 [Wagner Thesis 2005]. Hoje em dia existem duas definições principais que descrevem a realidade aumentada. Uma delas é a definição de Azuma [Azuma 1997] que afirma que um sistema de realidade aumentada tem de seguir três requisitos:

- Combinar o mundo real com o mundo virtual
- Ser concebido em três dimensões – os objectos virtuais têm de coexistir no mesmo espaço do mundo real.
- Ser interactivo e ter processamento em tempo real – o sistema reage ao utilizador e faz actualizações em tempo real.

Estes três requisitos fizeram com que a limitação da realidade aumentada, que existia somente em algumas tecnologias como os *Head Mounted Displays* (HMD), fosse ultrapassada e pudesse ser expandida para outros territórios como, por exemplo, um dispositivo móvel.

A outra é a definição de Milgram [Milgram 1994] que se denomina de “Reality Continuum” (ver figura 2-2), que afirma que “objectos do mundo real e do mundo virtual são apresentados juntos num único dispositivo de apresentação, ou seja, em qualquer local entre os extremos do continuum” que são o mundo real e o mundo virtual. Neste contexto, a Realidade Aumentada caracteriza-se pela maior predominância do mundo real sobre o virtual, enquanto que na Virtualidade Aumentada ocorre a predominância do virtual sobre o real.

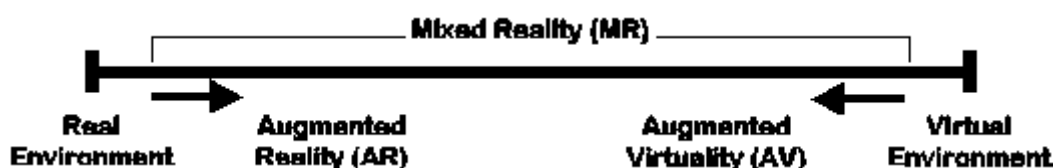


Figura 2-2 - Milgram's Reality-Virtuality Continuum

2.2.2 Componentes de um Sistema de Realidade Aumentada

Um sistema de Realidade Aumentada precisa de combinar tecnologias de captura de vídeo, rastreamento (*tracking*) e de geração de imagem de forma a poder mostrar correctamente os objectos virtuais no campo de visão do utilizador. Em seguida referem-se os aspectos relativos à visualização, que combinam a captura de vídeo e a geração de imagens tridimensionais, e ao rastreamento.

Visualização

A maneira mais simples de instalar um sistema de Realidade Aumentada é a combinação de um monitor com uma câmara de vídeo (ver figura 2-3)

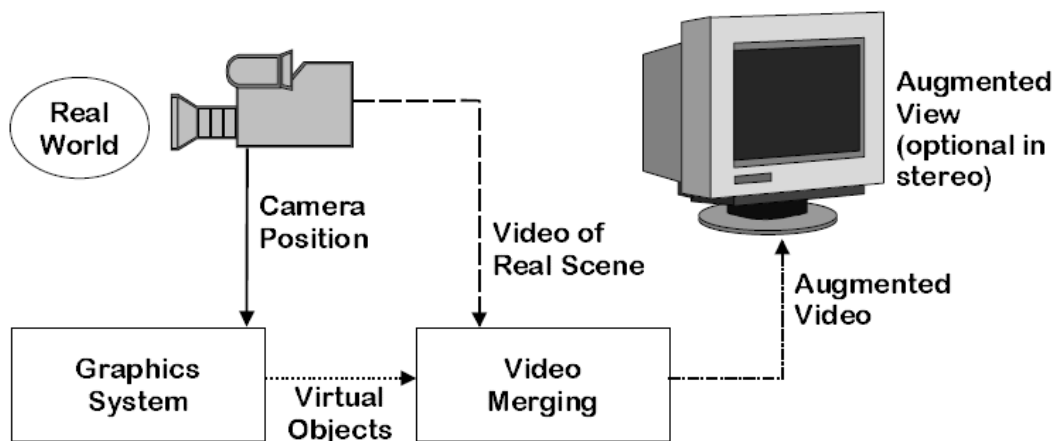


Figura 2-3 - Realidade Aumentada com visualização através de um Monitor [Vallino 1998]

A maneira como se combinam objectos virtuais e reais numa única imagem é uma decisão importante no desenvolvimento de um sistema de Realidade Aumentada. Inicialmente, duas tecnologias de visualização foram desenvolvidas: *optical see-through* e o *video see-through*. A primeira apenas mostra os objectos virtuais no campo de visão do utilizador usando um equipamento através do qual este observa o mundo real (ver figura 2-4). No *video see-through*, o mundo real é visto pelo utilizador através de um equipamento que gera uma imagem de vídeo (por exemplo: uma câmara tal como ilustrado na figura 2-3) composta pela mistura das imagens virtuais com o cenário real. Ambas as tecnologias têm vantagens e desvantagens, tal como explicado por Azuma [Azuma 1997] variando o tipo de tecnologia a usar consoante a aplicação.

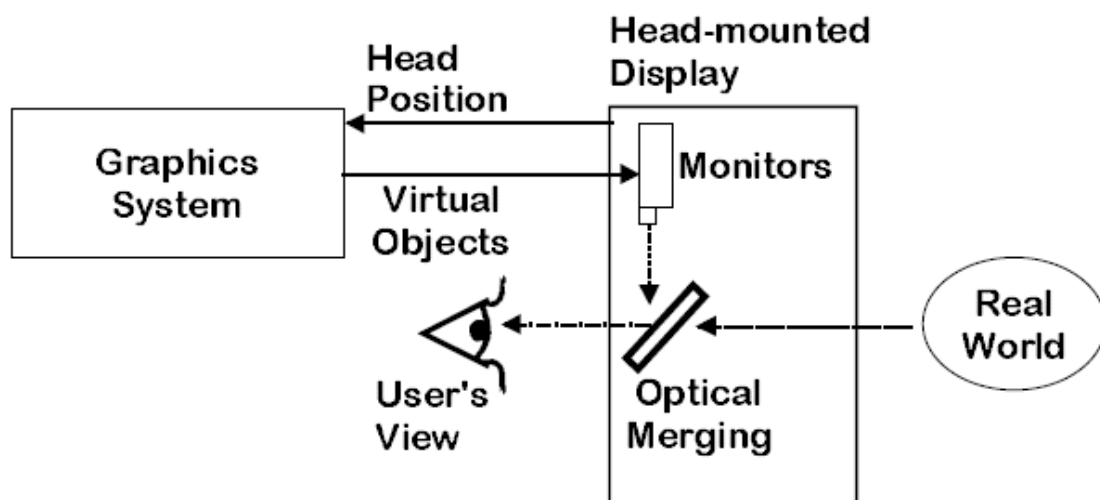


Figura 2-4 - *Optical see-through* [Vallino 1998]

É também possível utilizar dispositivos portáteis, como os *Tablet PC*, PDA, ou telemóveis (ver figura 2-1 – (b), (c) e (d)) como interface de visualização para aplicações móveis de Realidade Aumentada, pois eles combinam num só dispositivo, a memória, processador, câmara, ecrã para apresentação e rede sem fios. A tecnologia *video see-through* é a preferida para este tipo de aplicação, pois a câmara de vídeo do dispositivo móvel captura o vídeo do mundo real que seguidamente é combinado com os objectos virtuais e por fim é mostrado no ecrã (ver figura 2-5).

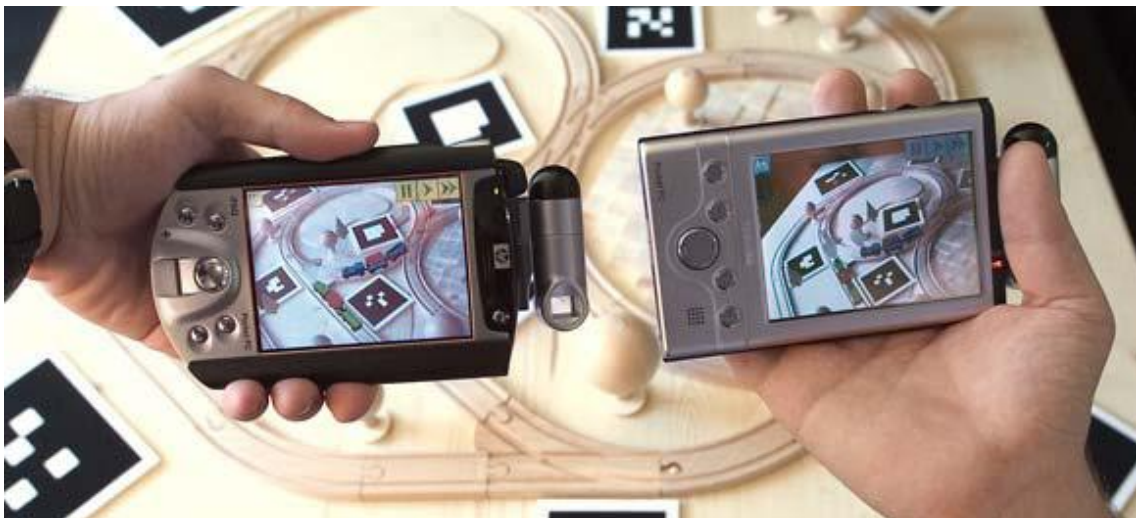


Figura 2-5 - PDA usado como interface para um sistema de Realidade Aumentada [Wagner 2005]

Mais recentemente, uma terceira tecnologia, a de projecção, tem sido estudada. Neste caso, os objectos virtuais são projectados directamente sobre os objectos do mundo real.

Rastreamento

O rastreamento é considerado o factor mais importante num sistema de realidade aumentada, pois é ele que efectua o alinhamento dos objectos virtuais com o cenário real, ou seja, o problema aqui é saber em que posição e qual a orientação que os objectos virtuais terão em relação ao cenário real. Para conhecer este posicionamento é preciso relacionar as coordenadas dos objectos virtuais com as do cenário real, também é preciso conhecer a posição e a orientação da cabeça do utilizador (no caso dos PDA, para onde a câmara aponta) que podem ser monitorizadas por um sistema óptico usando

câmaras, um sistema magnético ou um sistema de posicionamento por satélite [Azuma 1997].

Cada método de rastreamento tem os seus prós e contras [Azuma 1997]. Por exemplo um sistema de rastreamento óptico oferece uma boa precisão, mas utiliza como referência marcas visuais, vulgo marcadores, que precisam de ser instaladas no ambiente antes do uso do sistema, o que implica um certo nível de controlo sobre o ambiente. Uma opção para o rastreamento é o aproveitamento das imagens capturadas pelas câmaras dos dispositivos e através dos padrões visuais (ver figura 2-6) colocados no ambiente, o sistema pode reconhecer a posição e orientação do utilizador. A imagem capturada é analisada de forma a procurar um conjunto de padrões, onde cada padrão está associado a uma localização diferente numa determinada área.

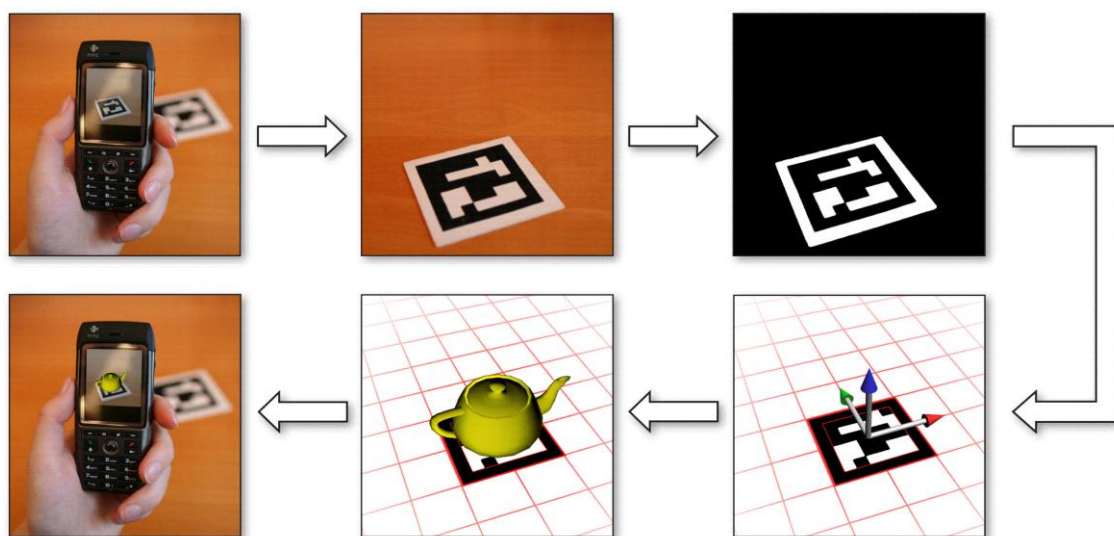


Figura 2-6 - Exemplo do *workflow* de uma aplicação de realidade aumentada usando marcadores [Wagner & Schmalstieg 2007]

2.2.3 Realidade Aumentada e Equipamentos Móveis

Com a introdução de poderosos computadores portáteis, a realidade aumentada em áreas relacionadas com a mobilidade tornou-se possível. Em 1999 foi concebido o primeiro sistema móvel de realidade aumentada que se designou de MARS (*Mobile Augmented Reality Systems*) [Höllerer et al 1999]. Este sistema permitiu ao utilizador deslocar-se livremente carregando com ele uma mochila (*backpack*) que continha um computador e baterias, um *Head Mounted Display* (HMD) e uma câmara. O sistema funcionou como um guia turístico disponibilizando os nomes e informação em cima dos edifícios através do *optical see-through* do HMD.

À medida que as tecnologias foram evoluindo, foram-se usando dispositivos cada vez mais pequenos como os *Tablet PC* e UMPC (*Ultra-Mobile PC*) devido ao seu baixo custo, assim como foram feitas pesquisas abrangendo outras áreas. Por exemplo o projecto AMIRE [URL Amire] usou o *Table PC* de forma a criar um guia de um museu.

Os sistemas de realidade aumentada em dispositivos móveis podem ser divididos em duas categorias principais: distribuídos e autónomos. Os primeiros trabalhos de realidade aumentada usavam sistemas distribuídos, devido à escassez de poder de processamento dos dispositivos da época. Nos sistemas distribuídos, uma parte das tarefas necessárias para aumentar o ambiente é realizada por um servidor, que faz troca de dados com o dispositivo. A detecção de marcadores fiduciais (marcadores normais) na imagem capturada e a geração de imagem de objectos tridimensionais são feitos pelo servidor, e o dispositivo é apenas responsável por capturar a imagem da câmara, enviá-la para o servidor, receber o resultado final e desenhá-lo no ecrã. Isto é feito de forma a poupar carga de processamento no dispositivo móvel, pois como o servidor possui um grande poder de processamento, ele pode executar operações mais complexas de maneira mais rápida que um dispositivo móvel. Entretanto cada *frame* capturada pelo dispositivo móvel é transferido para o servidor, processada, e os resultados são então enviados de volta para o dispositivo, causando um atraso que prejudica o *frame rate* das aplicações.

Um exemplo de um sistema distribuído é o sistema “Navicam” produzido por Jun Rekimoto e Katashi Nagao’s [Rekimoto & Katashi 1995] de forma a ser um sistema de mão (*handheld*) de realidade aumentada. Este sistema mostra imagens da câmara em tempo real. As imagens são passadas para uma estação de trabalho de forma a serem analisadas. Se o sistema reconhecesse o código de cores das *tags ID* (marcadores de identificação através de cores), então sobrepunha informação adicional por cima da imagem da câmara e mostrava-a no dispositivo. Este tipo de sistemas de *video see-through* tem muitas vantagens sobre o *optical see-through*. Sistemas de *optical see-through* são sistemas de controlo de ciclo abertos que requerem uma boa modelação do mundo real e rastreamento eficaz da posição do olho do utilizador. Um sistema de *video see-through* dá um controlo mais fácil sobre o sistema porque analisa a imagem, localiza o objecto anotado em relação à câmara, e sobrepõe as anotações sobre o objecto. Enquanto que o “Navicam” estava amarrado a uma estação de trabalho, Daniel Wagner et al criaram o primeiro sistema de realidade aumentada independente [Wagner 2003a]. Esta equipa adaptou para PDA o *Artoolkit* [Wagner 2003b], designando-o por *ArtoolkitPlus* [Wagner & Schmalstieg 2007]. O *ArtoolkitPlus* é uma biblioteca para sistemas de realidade aumentada que faz o rastreamento da posição da câmara em relação a marcadores quadrados. O sistema transfere o processo de rastreamento para um servidor de forma a obter um *frame rate* maior. Na geração de imagem dos gráficos

foi usado um subconjunto do *OpenGL*. Mais tarde outros investigadores implementaram sistemas similares para telemóveis usando o *Artoolkit* que foi adaptado para o *Symbian*. Ambos os sistemas usam o *OpenGL ES* para a geração de imagem dos gráficos.

Com o crescimento do poder de processamento dos dispositivos móveis (PDA, *Smartphone*), surgiram os sistemas autónomos, que não dependem de um servidor para gerar o resultado da realidade aumentada, implementando todos os procedimentos necessários. Este facto permite o desenvolvimento de soluções de Realidade Aumentada completamente móveis. Por outro lado, o poder de processamento baixo e a ausência de um GPU (*graphics processing unit*) são características comuns num dispositivo de mão, implicando a criação de aplicações menos complexas.

Um exemplo de um sistema autónomo é o “The Invisible Train” que consiste num jogo *multi-player* onde cada utilizador é responsável por guiar um comboio virtual sobre um caminho real de madeira [Wagner 2005]. O objectivo é evitar que os comboios venham a colidir. De forma a rastrear o marcador, usaram o *ArtoolkitPlus* que é uma adaptação do *Artoolkit* para a plataforma *Pocket PC*. O estado do jogo é sincronizado entre os dispositivos através da rede sem fios *Wi-Fi*.

Os principais desafios na realidade aumentada para dispositivos móveis são o reconhecimento de objectos e o rastreamento em tempo real sem recorrer à colocação de marcadores no cenário. Um outro problema é unir os gráficos dos objectos com a cena real com as oclusões e sombras correctas. Isto requer modelar o ambiente e a iluminação corrente em tempo real no dispositivo.

2.2.4 Limitações na Utilização de Realidade Aumentada na Pesquisa de Pontos de Interesse

Durante o estudo efectuado sobre a realidade aumentada, constatou-se que apenas é possível efectuar, para dispositivos móveis, o rastreamento do objecto usando marcadores fiduciais através do método *video see-through*. Este método analisa a imagem à procura de localizar o objecto anotado, isto é, o objecto que contém a marca a reconhecer, para sobrepor as anotações sobre o objecto. Como o objectivo deste trabalho consiste na obtenção de informação sobre pontos de interesse associados a localizações geográficas, concluiu-se que a detecção de pontos de interesse com recurso a marcadores fiduciais não é prática para este tipo de aplicações. Por um lado a utilização de marcadores requer que o ambiente seja preparado previamente com a sua colocação. Por outro lado, o número de objectos que podem ser identificados fica limitado ao conjunto de padrões distintos que se podem produzir.

2.3 Serviços Baseados na Localização

Serviços baseados na localização (LBS) são serviços para utilizadores de dispositivos móveis que têm em atenção a posição corrente do utilizador quando se executam determinadas tarefas [Zipf 2002]. Para os LBS as informações sobre mapas, serviços e infra-estruturas GIS (Geographic Information Systems) são serviços de ajuda cruciais. Aplicações LBS são usadas em áreas como o planeamento de áreas turísticas, o suporte à navegação em automóveis, os serviços de páginas amarelas ou de “comércio móvel” [Zipf & Malaka 2001]. O desenvolvimento de LBS contempla não só o reconhecimento da localização, mas também a adaptação ao utilizador e ao contexto envolvente. [Zipf & Malaka 2000].

2.3.1 Sistema GPS

O Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System) é composto por um conjunto de satélites que são lançados na órbita terrestre, emitindo sinais de rádio que podem ser captados em qualquer ponto do planeta. O receptor GPS é um aparelho que capta essas transmissões de rádio obtendo as informações sobre as coordenadas (latitude, longitude e a altitude) de um lugar na terra [URL GPS]. Este sistema foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa Americano como uma ferramenta para ajudar os soldados a navegar em território estrangeiro e atingir um alvo preciso. O sistema foi estritamente usado inicialmente para operações militares, mas o governo dos Estados Unidos abriu o serviço para uso civil em 1980. O sistema baseado em satélite foi primeiramente utilizado em 1978 e agora consiste num total de 24 satélites (figura 2-7) que andam em órbita pela Terra emitindo sinais de rádio que podem ser captados em qualquer ponto do planeta [URL aboutGPS]. As órbitas dos satélites foram escolhidas de modo que de qualquer ponto da Terra se possam ver entre 5 e 8 satélites.



Figura 2-7 – Mostra os 24 satélites em órbita pela Terra [URL aboutGPS]

O sistema de satélite é suportado por várias estações terrestres que monitorizam os dados enviados pelos satélites e transmitem os dados corrigidos de volta aos satélites [URL GPSPassion] (Figura 2-8). À medida que os satélites andam à volta da Terra eles enviam dois sinais de rádio diferentes designados como L1 e L2. L1 destina-se a uso civil e transmite os dados que podem ser lidos por civis de forma a determinar a sua localização. Estes sinais contêm 3 componentes de informação designadas por dados Ephemeris, dados Almanac e código pseudorandom. Os dados Ephemeris contêm a localização precisa do satélite, assim como a localização de todos os outros satélites do sistema. Os dados Almanac incluem o tempo e os dados do sinal que são transmitidos, assim como o estado do satélite no tempo da transmissão. A última componente de informação é enviada pelo código pseudorandom, que consiste simplesmente na identificação do código do satélite que está a transmitir os dados. Todos estes dados são usados pelo receptor de GPS de forma a decifrar a posição do receptor em relação aos satélites [Strawn 2009].

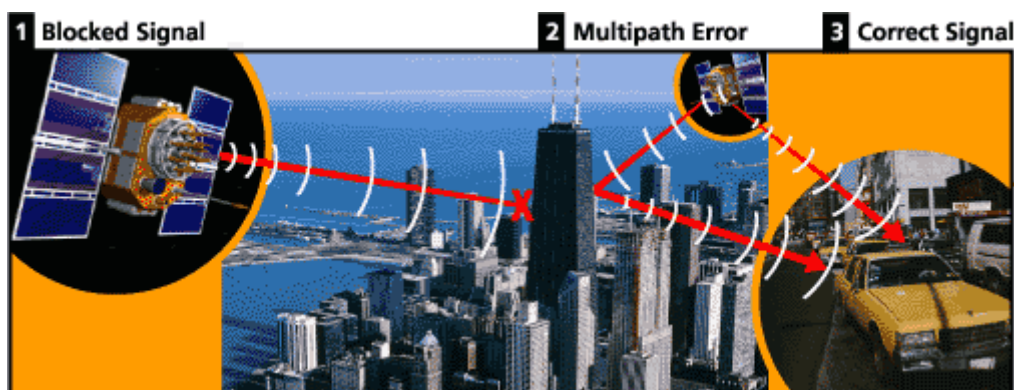


Figura 2-8 – Transmissão e recepção dos dados GPS [URL aboutGPS].

O receptor do GPS recolhe os sinais dos satélites e interpreta-os de forma a dar ao utilizador a sua posição fixa. A precisão da localização reportada depende do número de satélites que o receptor do GPS está a detectar, assim como das variáveis que introduzem erro nos dados. Deste modo para calcular com precisão a posição do utilizador basta receber em boas condições o sinal de apenas quatro destes satélites. Com pelo menos 3 satélites na visão do receptor do sinal isto é, na linha de vista, pode calcular-se a latitude e a longitude. Se estiverem 4 satélites na visão do receptor então pode calcular-se também a altitude. Em média, 8 satélites estão continuamente na linha de visão em todas as posições do planeta. Quantos mais satélites existirem à vista, mais preciso é o cálculo da posição. Os sinais de rádio dos satélites conseguem passar através

das nuvens, vidro, plástico e outros materiais mais leves, mas em certos ambientes e condições estruturais podem prejudicar a precisão do sinal do satélite [URL Kowoma]. O sinal não irá funcionar debaixo da terra ou em sítios fechados.

A precisão dos dados também é afectada pelos erros e limitações dos satélites e inclui as transmissões de dados incorrectos que contêm pequenas imperfeições na posição reportada. Além disso, os relógios dos satélites não são tão precisos como um relógio atómico, podendo ocorrer algum deslize no tempo. A precisão também depende da localização dos satélites que o receptor GPS está a usar para determinar a posição.

A crescente introdução do GPS em dispositivos móveis, tem o potencial para criar uma nova era para serviços baseados na localização (LBS) [Simon 2007]. São usados tipicamente em áreas urbanas podendo não ter uma visão clara do céu devido aos edifícios e outras estruturas que criaram um obstáculo na manutenção da força do sinal da rede GPS. Através de uma rede de LBS é possível reunir dados de forma a aproximar a posição do utilizador. Por exemplo, determinar qual a torre de telemóvel que está a ser usada pelo dispositivo móvel na rede, pode dar uma aproximação da posição em que se encontra o utilizador [Mellers 2004]. Com a adição do GPS muitos telemóveis hoje em dia têm a ajuda de *assisted* GPS (AGPS) que ajuda a resolver este problema [URL AssistedGPS].

No sistema AGPS o LBS mantém os dados na rede de acordo com a posição corrente dos satélites assim como as estimativas da posição e distância destes (Figura 2-9).

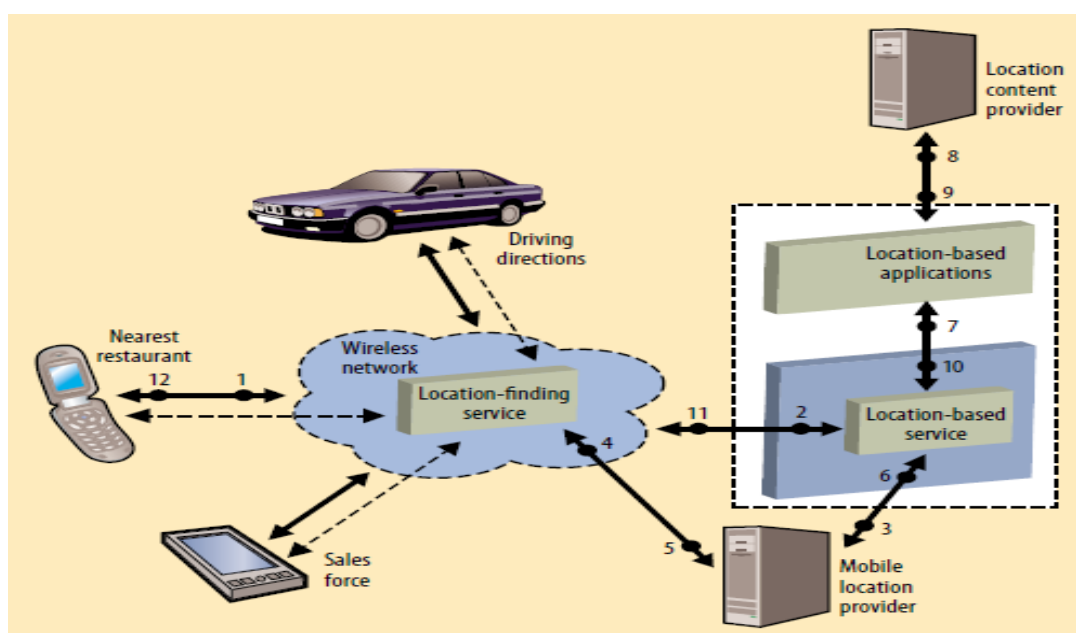


Figura 2-9 - mostra como vários produtos e serviços trabalham em conjunto de forma a providenciar um serviço baseado na localização [Steven 2009].

2.3.2 Orientação e Localização

A orientação geográfica refere-se ao conhecimento do ambiente em que uma pessoa se move e a relação entre a sua posição actual e a posição para onde se dirige. Alguns dispositivos móveis vêm já equipados com bússolas digitais e sensores, permitindo desta forma que haja interacção através da orientação. As bússolas digitais e os sensores permitem adoptar serviços geo-espaciais nos dispositivos móveis e mudar a maneira como as pessoas navegam, exploram e interagem com o ambiente físico. Os dispositivos móveis podem funcionar como apontadores para um dado serviço.

Devido ao facto de os utilizadores terem acesso a todo o tempo ao seu dispositivo móvel, eles consideram ser de grande valor acederem a informação relacionada com ambientes desconhecidos ou localizações. Quando procuram um serviço:

- Específico: informação do trânsito ou o calendário dos comboios com informação dos atrasos.
- Situações de emergência: quando um cidadão, polícia, ou militar tem de intervir rapidamente para salvar vidas, sem saber como atingir o objectivo.

A interacção através da orientação está a tornar-se possível. Embora existam algumas restrições impostas pelos limites de eficácia dos sensores de posição e de orientação que existem hoje em dia.

2.4 Exemplos de Aplicações

A utilização de sensores e bússolas digitais em aplicações baseadas na localização têm sido investigados ao longo do tempo. De seguida serão apresentados alguns exemplos de possíveis utilizações da orientação e da localização em dispositivos móveis.

2.4.1 Geo-Wand

O *Geo-Wand* é um sistema portátil que permite aos utilizadores acederem a informação geo-referenciada bastando para isso apontar o dispositivo móvel para o objecto no mundo real [Egenhofer 1999]. Esta aplicação foi realizada com um dispositivo móvel conectado ao GPS através de *BlueTooth* e com um sensor de orientação. Em [Egenhofer 1999] apresentam-se os resultados dos testes feitos em terreno urbano e discutem-se as possibilidades e limitações das próximas gerações de dispositivos baseados em serviços de localização.

O trabalho elaborado por Simon [Simon 2007] descreve a investigação de problemas técnicos e de desenho relacionado com o desenvolvimento de aplicações

baseadas na localização. Um dos problemas estudados é a importância do erro do GPS e da bússola no desempenho e eficácia do sistema. Uma bússola foi instalada no dispositivo móvel comunicando com este através de *bluetooth*. Foi desenhado um processo de avaliação envolvendo duas partes. Na primeira parte apenas a qualidade do GPS foi acedida individualmente, permitindo deste modo ter uma noção das medidas ao longo do tempo dentro de uma grande área de teste. O objectivo era perceber qual os erros típicos que poderemos esperar do GPS através de diferentes condições atmosféricas. Na segunda parte foi investigada a funcionalidade de apontar com o dispositivo usando o GPS e a bússola em conjunto. O objectivo desta fase de teste serve para ter uma aproximação do valor da taxa de sucesso quando se aponta o dispositivo em diferentes ambientes.

Não foram efectuados testes em ambientes abertos, pois este tipo de terreno oferece óptimas condições para o receptor do GPS. A avaliação do desempenho do GPS é menos difícil (Aloi et al 2007). Pode-se esperar que em ambientes abertos será menos problemático para a avaliação da bússola, pois a interferência electromagnética está praticamente ausente neste caso.

Ao longo do teste, foi-se guardando a posição do dispositivo móvel em determinados locais, enquanto a pessoa que estava a efectuar o teste andava num caminho de teste pré-determinado. Em adição aos valores da latitude e longitude, a aplicação guardava também os dados do número de satélites que o receptor usava para salvaguardar a sua posição.

Concluiu-se que a interacção através da orientação está a tornar-se possível, embora tenha algumas restrições impostas pelos limites de eficácia dos métodos de sensores de posição e de orientação que existem hoje em dia.

2.4.2 Point-to-Discover

O projecto *Point-to-Discover* [Simon 2005] descreve a utilização de sensores baseados na orientação construídos para dispositivos móveis, para explorar um novo paradigma: em conjunto com modelos 3D de terrenos urbanos, os dispositivos móveis podem actuar como ponteiros virtuais para serviços e informações ligadas a localizações geográficas como edifícios e terrenos. Por exemplo, os utilizadores podem aceder ao calendário dos comboios, ao atraso e ao tempo estimado da partida ou comprar bilhetes online simplesmente apontando o dispositivo móvel para uma estação de comboios.

Um sistema semelhante foi apresentada por Wasinger et al [Wasinger 2003]. Neste caso trata-se de uma aplicação de navegação num PDA. A aplicação usa GPS em conjunto com uma bússola magnética e permite que os utilizadores indiquem uma área de interesse num mapa bidimensional apenas apontando o dispositivo numa direcção do

mundo real. O foco deste trabalho consiste no estudo de interfaces multimodais com fala no contexto da navegação e em serviços de exploração.

No Point-to-Discover foram implementos os conceitos propostos por Wasinger adicionando a terceira dimensão: usando um sensor de inclinação e um modelo tridimensional do espaço envolvente, em vez de um mapa 2D, o sistema pode determinar a perspectiva real do utilizador e seleccionar serviços que estão disponíveis no campo de visão do utilizador.

A figura 2-10 mostra a arquitectura do sistema Point-to-Discover. O sistema é constituído por três componentes: a componente do cliente que consiste no terminal do utilizador que corre o software necessário do cliente; a componente do operador que é formado pelo serviço da plataforma; a componente de terceiros que oferece serviços para o cliente aceder ao seu conteúdo usando os *links* recebidos pelo serviço da plataforma.

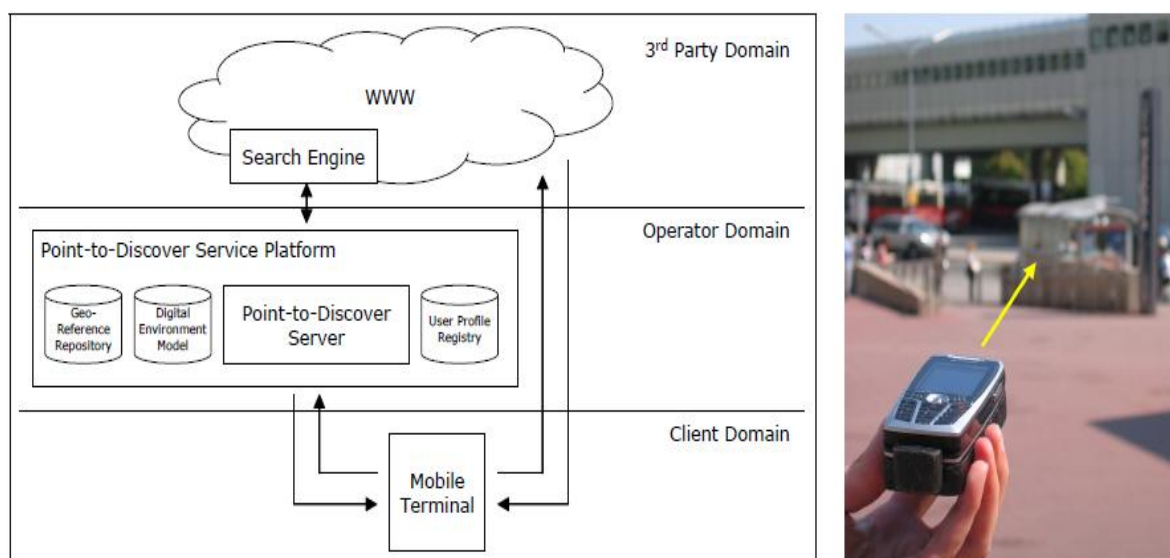


Figura 2-10 – Arquitectura do sistema Point-to-Discover e correspondente cenário de uso [Simon 2005].

Para que exista sucesso na implementação da plataforma de serviço do Point-toDiscover existem dois factores críticos. Primeiro, existem os problemas de precisão na detecção da localização e da orientação que influenciam a qualidade do serviço seleccionado. Segundo, o Point-to-Discover depende fortemente da disponibilidade de modelos 3D precisos do ambiente.

No sistema Point-to-Discover quando o utilizador aponta para um objecto no mundo real acciona um pedido, o dispositivo móvel transmite a sua posição e orientação para o servidor. O servidor elabora uma pesquisa ao ambiente do mundo digital (3D) e

identifica a área de interesse que é indicada pelo simples apontar (definida pelas coordenadas de posição e pelo vector de orientação) (Figura 2-11).

Na figura 2-11 vemos uma concretização da aplicação Point-to-Discover: ao usar a detecção através da posição e da orientação, o dispositivo móvel funciona como um apontador no modelo virtual 3D do mundo real.



Figura 2-11 – Vista da aplicação Point-to-Discover [Simon 2005].

2.4.3 HIPS

HIPS é um projecto que tem como objectivo o desenvolvimento de um guia turístico que permita navegar pelo espaço físico e dar informação relacionada. O sistema detecta a posição do turista através do GPS e dá informação personalizada e contextualizada [Rafferty 1999].

O sistema guia o visitante através de mensagens por áudio: o utilizador recebe instruções por encontrar objectos de interesse, ouve as descrições e recebe sugestões de rotas alternativas. A apresentação da informação no HIPS é gerada dinamicamente usando uma interface adaptativa, multimodal e integrando mapas e direcções espaciais.

Esta aplicação baseia-se no desenho e cenário centrado no utilizador o que significa que é feito a pensar no contexto do utilizador.

2.4.4 Wikitude

Wikitude [URL WikitudeDrive] apresenta ao utilizador informação sobre o que o rodeia, como o nome de terrenos, e outros pontos de interesse sobrepondo a informação à imagem captada em tempo-real pela câmara do dispositivo. Este projecto é aplicado na navegação tridimensional, juntando informação de pontos de interesse sobre a imagem capturada em tempo-real (Figura 2-12).

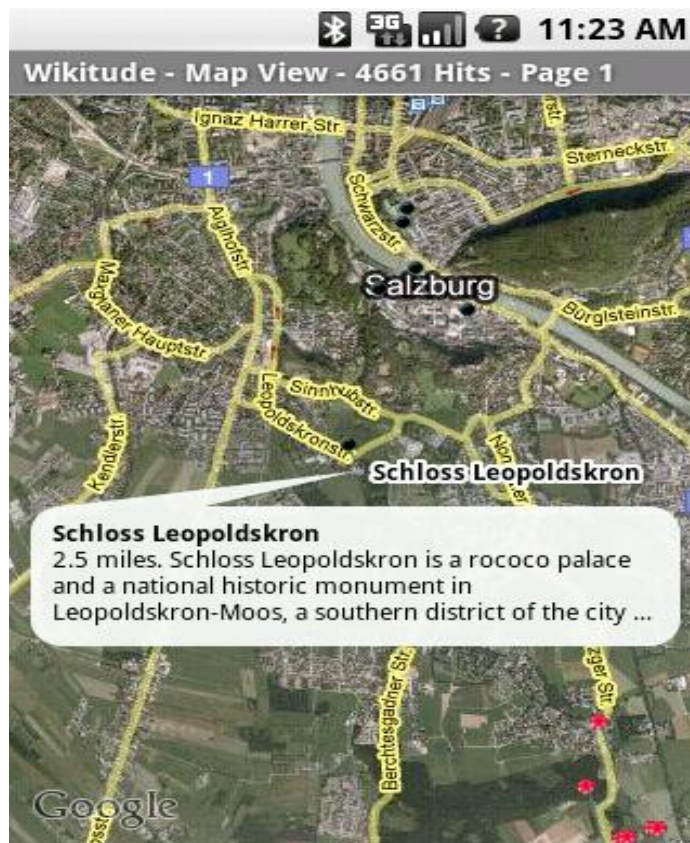


Figura 2-12 – Vista de satélite do Wikitude World Browser [URL WikitudeWorldBrowser].

2.4.5 Orientação por Mapas

Ao usar mapas, as pessoas têm certas preferências, alguns preferem que o mapa seja alinhado com a sua orientação (*heading-up*), outros preferem que o mapa mostre sempre o norte (*north-up*). É importante ter em conta as vantagens relativas de mapas *north-up* e *heading-up* para diferentes tarefas. Mapas *heading-up* mostraram ser mais efectivos para tarefas de navegação [Darken 1999] [Viita 2006] [Wickens 1996]. Ao usar um mapa *heading-up* não é preciso efectuar um esforço mental para rodar o mapa de forma a estar alinhado com a posição, reduzindo esforços cognitivos. Mapas *north-*

up fazem com que o mundo seja sempre igual, fazendo com que seja mais fácil ao utilizador desenvolver situações de percepção (conhecimento).

Em [Smets et al 2008] examina-se se a escolha entre *heading-up* e *north-up* afecta a pesquisa e o desempenho em situações de emergência.

Estudos descritos em [Rossano 1989] e [Aretz & Wickens 1992] demonstram que mapas alinhados com a orientação do utilizador são lidos mais facilmente e aumentam o desempenho da tarefa. A maior parte destes trabalhos foram feitos para sistemas de navegação de carros, mas trabalhos mais recentes têm sido focados em sistemas pedestres [Seager 2007] [Hermann 2003]. Tipicamente são identificados dois tipos de mapas: *north-up* e *heading-up*. Mapas *north-up* são similares a mapas em papel no sentido que o norte está sempre a apontar para cima. Mapas *heading-up* adaptam-se ao movimento e orientação do utilizador, rodando o mapa para que a cabeça do utilizador esteja no cimo do mapa. Mapas *heading-up* são preferíveis quando se exige decisões rápidas de acordo com viragens laterais ou enquanto se efectua uma pesquisa. Ao usar mapas *heading-up* não é preciso efectuar um esforço mental para a rotação de forma a alinhar a posição do utilizador em relação ao mapa, e os alvos são encontrados mais rapidamente do que com mapas *north-up*.

Prison e Porathe concluíram que mapas *heading-up* são melhores do que mapas *north-up* e mapas em papel quando se navega num labirinto [Prison 2007]. A sua outra alternativa, utilizando representação em 3D, deu ainda melhores resultados. As representações 3D são também usadas por Sas et al [Sas 2003]. Contudo, por causa da projecção 3D centrada no utilizador há a desvantagem da informação atrás não ser visível.

Concluindo, mapas *heading-up* têm um desempenho significativamente melhor do que os mapas *north-up* para tarefas de pesquisa e de salvamento.

Capítulo 3

Pesquisas Interactivas de Pontos de Interesse

A área da geo-referenciação é uma área em constante desenvolvimento. A utilização de dispositivos móveis equipados com GPS permite que as pesquisas tenham em atenção a localização do utilizador. Mais ainda a evolução das capacidades dos dispositivos móveis permite alargar o seu leque de aplicações.

O trabalho desenvolvido teve por objectivo expandir as funcionalidades do sistema MoViSys [Carmo 2008] tirando partido das características dos dispositivos móveis mais recentes, tais como, câmaras digitais e sensores de posição e orientação.

Um problema que se coloca é a necessidade de ligar, em cenários de utilização, pontos de interesse assinalados num mapa a objectos reais. A identificação dos objectos físicos que lhes correspondem por vezes é difícil. Por exemplo, a identificação de dois monumentos fisicamente próximos e arquitecturalmente idênticos, como igrejas, ou a identificação de espécies vegetais num parque.

Neste sentido foi concebida uma aplicação para a pesquisa de pontos de interesse em função da localização e da orientação do utilizador, tirando partido do GPS e da câmara digital integrados no dispositivo móvel e de uma bússola externa ao dispositivo. Pretende-se integrar esta aplicação com o sistema MoViSys de forma a alargar a sua capacidade de pesquisa de pontos de interesse.

Existem certas limitações como a ineficácia do GPS ao obter a posição corrente do utilizador e o erro da bússola causado por factores externos, tais como a interferência electromagnética. No entanto o que pretendemos com esta aplicação é perceber se o estudo efectuado com base na localização e orientação dá uma experiência rica e dinâmica ao utilizador na procura da informação.

Em seguida será descrito o sistema MoViSys, o trabalho desenvolvido considerando a pesquisa de pontos de interesse, a interface, a alteração do modelo da base de dados concebida para o sistema MoViSys e a arquitectura do protótipo.

3.1 Sistema *MoViSys*

O sistema *MoViSys* [Vaz08] permite a visualização de informação geo-referenciada organizada por categorias (por exemplo, Hotel, Restaurante, Área de Serviço) cada uma delas com múltiplos atributos (para a categoria Restaurante: Preço, Tipo, Classificação, entre outros) em dispositivos móveis. Os pontos de interesse são representados por ícones sobrepostos a um mapa. Neste sistema a interface de pesquisa é construída dinamicamente, o volume de dados representado é controlado pela função de grau de interesse [Pombinho2008] que filtra os dados a visualizar permitindo desta forma controlar a densidade de informação a apresentar (Figura 3-1).



Figura 3-1 - Representação de pontos de interesse sobre um mapa no sistema *MoViSys* [Pombinho 2008].

A função de grau de interesse quantifica a importância de cada ponto de interesse permitindo eliminar os menos relevantes para o utilizador.

3.2 Pesquisa de Pontos de Interesse

O nosso objectivo é pesquisar os pontos de interesse próximos do utilizador que se encontram na direcção em que este aponta o dispositivo móvel. Atendendo a que:

- O utilizador poderá realizar várias pesquisas no mesmo local usando direcções diferentes;
- A pesquisa numa dada direcção deve corresponder à área de um cone de visão, mesmo que limitado.

Optou-se por fazer inicialmente uma pesquisa de forma a identificar os pontos de interesse localizados dentro de uma área de pesquisa quadrangular, alinhada com os eixos principais e centrada na localização do utilizador. Desta forma os cálculos para determinação de inclusão dentro dessa área são mais simples, comparativamente a intersecções com outras regiões como, por exemplo, a intersecção com a área do cone de visão. Isto reduz substancialmente o número de cálculos a efectuar numa pesquisa a uma base de dados com muitos elementos.

Assim a área de pesquisa inicial é quadrangular circunscrevendo uma circunferência centrada no utilizador e com raio predefinido. Posteriormente os pontos de interesse conhecidos nessa área são organizados segundo a orientação dos pontos cardeais e colaterais.

À medida que o utilizador movimenta o dispositivo são apresentados os pontos de interesse existentes na direcção apontada, ordenados em função da distância ao utilizador.

3.2.1 Definição da área de pesquisa

O primeiro passo consiste na obtenção das coordenadas GPS (Global Positioning System) do utilizador de forma a perceber onde se encontra localizado geograficamente. A nossa posição na Terra é referenciada em relação ao equador e ao meridiano de Greenwich e traduz-se por três números: a latitude, a longitude e a altitude [URL GPS]. No nosso sistema iremos apenas considerar a latitude e a longitude. A Latitude de um lugar, corresponde à distância ao Equador medida ao longo do meridiano do lugar. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 90° para Norte ou para Sul. A Longitude de um lugar, corresponde à distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do paralelo do lugar. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 180° para Este ou para Oeste. A figura 3-2 mostra paralelos, meridianos e as medidas em graus, respectivamente, latitude e longitude, que lhes correspondem.

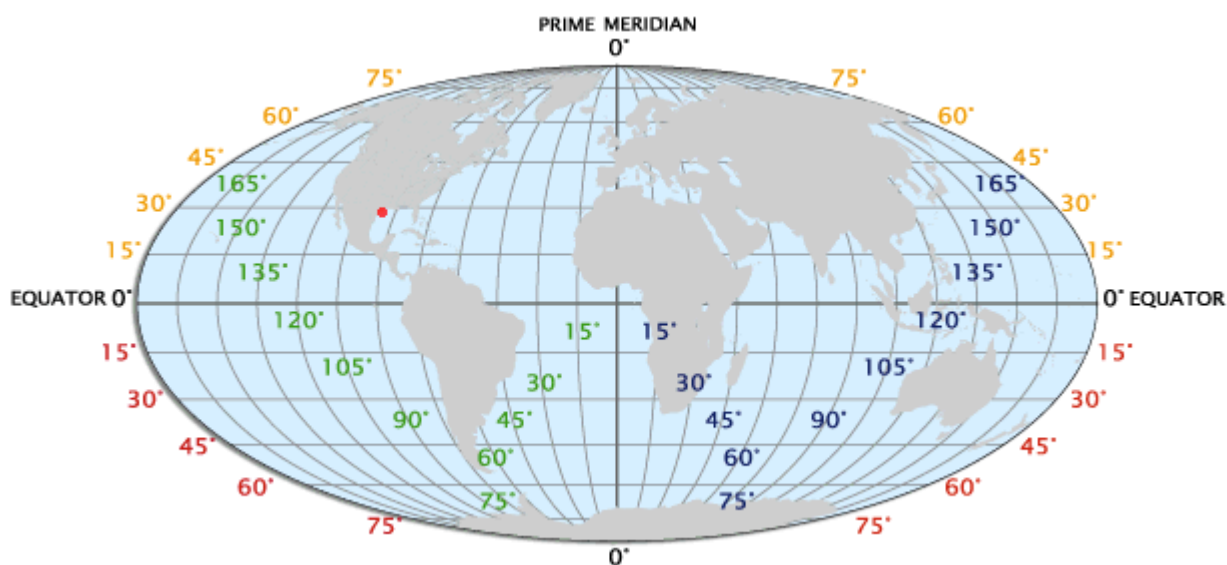


Figura 3-2 - Latitude e Longitude [worldatlas]

Tendo a posição espacial do utilizador (Latitude, Longitude) e a medida em metros do raio de pesquisa, define-se a fronteira da caixa envolvente da área de pesquisa. Para simplificar os cálculos, sem prejuízo do resultado final, considerou-se que a fronteira da área de pesquisa é quadrangular e alinhada com os eixos principais que correspondem às direcções W-E e S-N. Donde a caixa envolvente (*boundingbox*) criada tem como ponto de partida a localização espacial (latitude, longitude) do utilizador e a distância em metros entre o utilizador e o limite da área de pesquisa.

Uma vez que as localizações dos pontos de interesse estão expressas em coordenadas geográficas, isto é, latitude e longitude, é necessário obter as coordenadas geográficas dos vértices da área de pesquisa definida. Assim é preciso converter a medida em metros da distância entre a localização do utilizador e o limite da área de pesquisa para o seu equivalente em função da latitude e longitude.

Para este efeito foram usadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Lat2} = \text{asin}(\sin(\text{lat1}) * \cos(d/R) + \cos(\text{lat1}) * \sin(d/R) * \cos(\theta))$$

$$\text{Lon2} = \text{lon1} + \text{atan}(\sin(\theta) * \sin(d/R) * \cos(\text{lat1}), \cos(d/R) - \sin(\text{lat1}) * \sin(\text{lat2}))$$

Em que d/R é a distância angular (em radianos), onde d é a distância em metros entre o utilizador e o limite da área de pesquisa e R é o raio da Terra; lat1 e lon2 que correspondem à latitude, longitude da localização do utilizador; θ toma os valores 0 para determinar a variação na longitude e $\pi/2$ para determinar a variação na latitude.

Desta forma conseguimos definir a área, em metros, pela qual o utilizador pretende analisar a informação. É importante termos esta noção de distância, para o utilizador poder interagir e aperceber-se do que o rodeia.

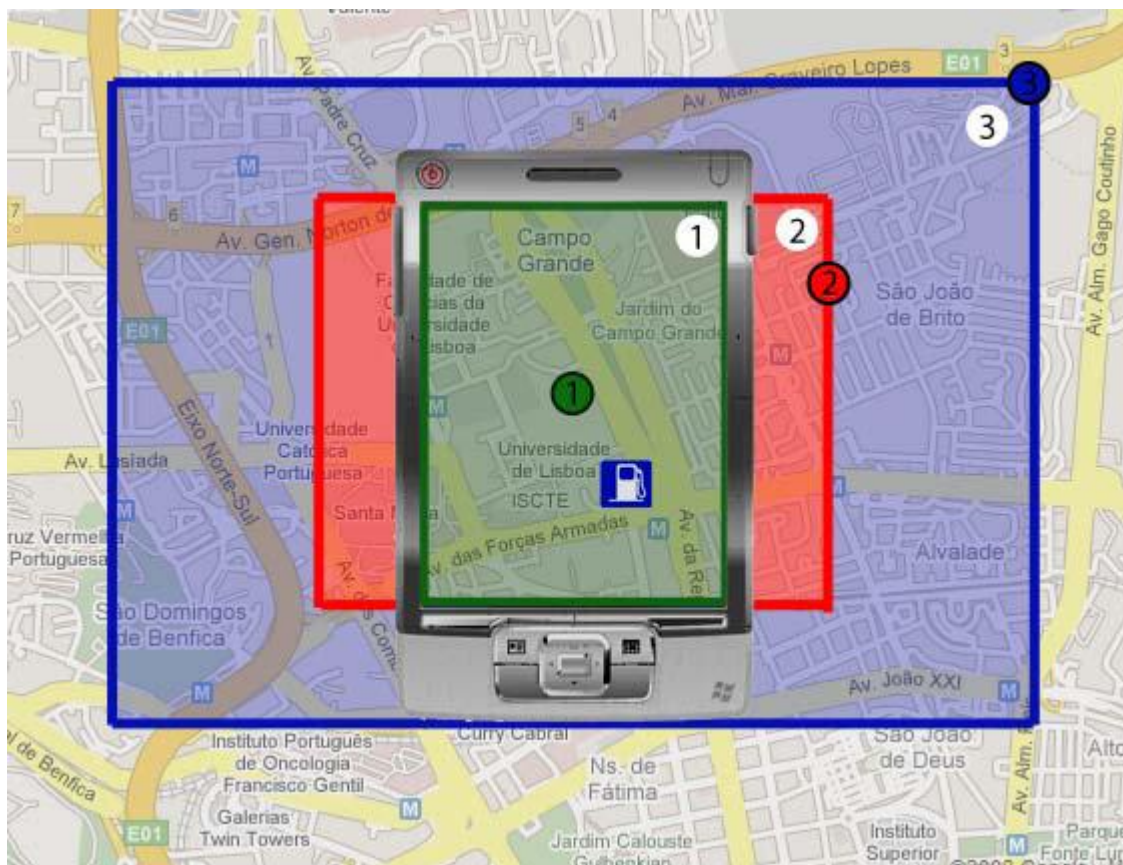


Figura 3-3 – MoViSys – Um sistema de visualização para dispositivos móveis. Exemplo de áreas consideradas onde poderemos verificar três distâncias, sendo que a área 1 é a mais pequena, aumentando a distância sucessivamente na área 2 e 3 [Pombinho 2008].

A área de pesquisa depende da distância indicada pelo utilizador. A figura 3-3, ilustra a variação de áreas de pesquisa que o sistema MoViSys possibilita.

3.2.2 Determinação dos pontos de interesse dentro da área de pesquisa

Num primeiro passo determinam-se os pontos de interesse dentro da área de pesquisa definida pelo utilizador. Em seguida identifica-se a posição desses pontos de interesse determinando a sua direcção na rosa-dos-ventos relativamente ao utilizador. Este passo é fundamental para mostrar ao utilizador os pontos de interesse localizados na direcção para onde este aponta o dispositivo.

Uma vez que o utilizador pode estar próximo dos pontos de interesse e no caso de este corresponder a um edifício com grande volumetria, este poderá considerar-se em

mais do que uma direcção da rosa-dos-ventos. Para que o resultado da pesquisa fique mais próximo da realidade observada do espaço envolvente do utilizador, optou-se por associar a cada ponto de interesse uma caixa envolvente próxima da sua área de implantação.

Para cada extremo da caixa envolvente do edifício, determina-se a que região da área de pesquisa pertence, ficando o ponto de interesse associado aos rumos da rosa-dos-ventos onde forem identificadas posições dos vértices da sua caixa envolvente.

Existem dois tipos de solução para delimitarmos a caixa envolvente de cada ponto de interesse: a primeira consiste no conhecimento das coordenadas reais dos quatro pontos extremos, a segunda opção parte do princípio que apenas nos é indicado uma coordenada central deste ponto. Logo, como escolhemos delimitar um ponto de interesse com uma caixa envolvente e sabendo o ponto central deste, conseguimos obter os pontos extremos ao definirmos para todos os pontos uma área por omissão. Isto significa, que quando não sabemos as coordenadas dos pontos extremos dos pontos de interesse, vamos partir do princípio que todos os pontos de interesse têm a mesma área. Desta forma estamos a correr o risco de obtermos alguma incerteza na obtenção de resultados.

Como sabemos as coordenadas dos pontos de interesse, guardadas na base de dados, iremos verificar quais os pontos contidos dentro da área de pesquisa. Faz-se uma consulta à base de dados no sentido de obter os pontos de interesse cuja latitude e longitude de pelo menos um dos extremos da caixa envolvente estejam contidas no intervalo definido pela latitude máxima e mínima e pela longitude máxima e mínima da área de pesquisa.

$$X_{\min} \leq X \leq X_{\max}$$

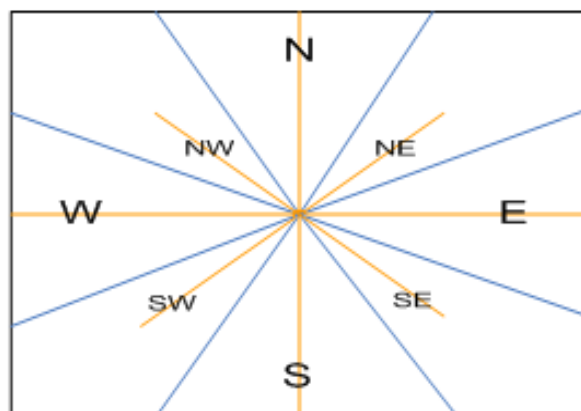
$$Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max}$$

3.2.3 Determinação da Localização dos Pontos de Interesse Relativamente à Posição do Utilizador

Depois de obtidos os pontos de interesse que estão localizados dentro da área de pesquisa, determina-se a sua localização em relação ao utilizador. Como sabemos a localização espacial do utilizador e a localização dos pontos de interesse, então conseguimos perceber qual a direcção dos pontos de interesse em função dele.

Para determinar a direcção segundo a qual o ponto de interesse se encontra relativamente à localização do utilizador dividiu-se a área de pesquisa em 8 zonas

correspondentes às áreas associadas a cada uma das direcções da rosa-dos-ventos considerando apenas os pontos colaterais e cardeais (Figura 3-4).



3-4 - Delimitação da área de pesquisa em 8 partes iguais.

Deste modo as regiões correspondentes às orientações dos pontos cardeais N,W,S e E são simétricas relativamente às linhas que indicam as orientações com ângulos indicados pela bússola, respectivamente, de 90° , 180° , 270° e 0° . As regiões relativas aos pontos colaterais NE, NW, SW e SE são simétricas relativamente às linhas que indicam as orientações com ângulos, respectivamente, de 45° , 135° , 225° e 315° . Cada uma das regiões tem um vértice sobre a localização do observador, a que corresponde um ângulo interno de 45° .

A área para cada ponto cardinal ou colateral é definida a partir de um ângulo de 45° com vértice no centro da área de pesquisa. Por exemplo, para o ponto colateral NE os pontos que delimitam a área são o P0, P1 e P2 (figura 3-5). Se um ponto de interesse estiver contido dentro desta área, sabemos que está na direcção NE.

O cálculo que nos permite saber a direcção de um ponto de interesse em relação ao utilizador está dividido em várias partes:

- Primeiro dividimos a área de pesquisa em metade através de uma linha que passa pelos pontos P5 e P1 que estão sobre a fronteira da área de pesquisa. De seguida verificamos se o ponto de interesse se situa à esquerda ou à direita da semi-recta P5P1.
- Caso esteja à esquerda da semi-recta P5P1, sabemos que o ponto de interesse irá situar-se entre os pontos N, NW, W ou SW da rosa-dos-ventos. Passamos deste modo a pesquisar a direcção do ponto de interesse a partir dos pontos P8, P7 e P6. Para isso, consideramos uma segunda semi-recta com origem no ponto central da área de pesquisa P0 e que passa pelo ponto

P8 e verificamos se o ponto de interesse está à esquerda ou à direita deste. Se estiver à direita, sabemos que se encontra no ponto cardinal N (delimitado pelos pontos P0, P1 e P8). Caso esteja à esquerda consideramos outra semi-recta com origem em P0 e que passa por P7 e assim sucessivamente. O processo termina quando o ponto de interesse estiver à direita da semi-recta de teste ou quando atingirmos a semi-recta P0P6.

- Caso esteja à direita da semi-recta P5P1, sabemos que o ponto de interesse se situará entre os pontos NE, E, SE ou S da rosa-dos-ventos. O raciocínio é o mesmo que o ponto anterior começando pela semi-recta que tem origem em P0 e passa por P2, terminando quando o ponto de interesse estiver à esquerda da semi-recta em estudo ou quando se atingir a semi-recta P0P4.
- Se o ponto de interesse estiver sobre uma semi-recta considera-se que pertence à região à esquerda dessa semi-recta.

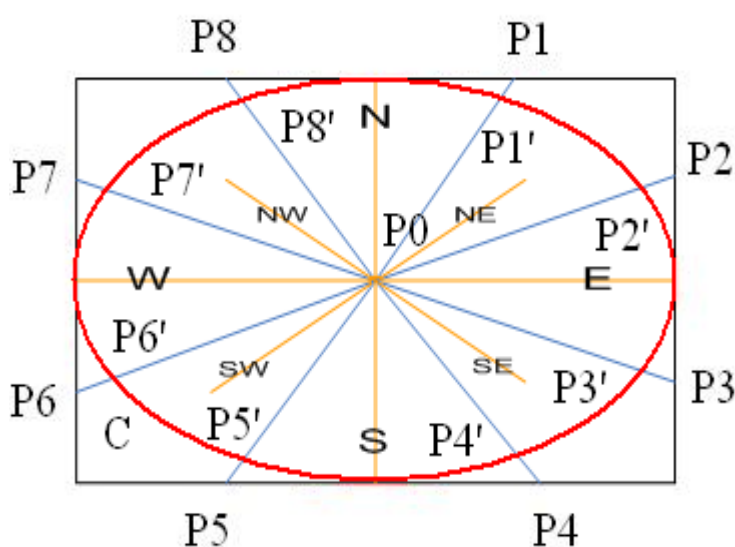


Figura 3-5: Determinação de cada região associada a um rumo da rosa-dos-ventos

Para determinar a localização dos pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 que delimitam as regiões dos rumos da rosa-dos-ventos na área de pesquisa, foi usada a circunferência centrada na localização do utilizador. Por exemplo, para o ponto P1 determinámos primeiro as coordenadas do ponto P1' sobre a circunferência. As coordenadas polares de P1' correspondem ao raio da circunferência, isto é, metade do lado da área de pesquisa, e ao ângulo de 62,5° que o raio faz com o eixo dos x (o rumo NE corresponde a um ângulo de 45° e metade da amplitude da região mede 45°/2, donde ao limite superior da região NE corresponde o ângulo 62,5°).

As coordenadas cartesianas (x,y) de P1' são dadas por:

$$x = a + r \cos t,$$

$$y = b + r \sin t$$

em que (a, b) é a localização do utilizador, r é o raio da circunferência e t é o ângulo entre o segmento [P0P1'] e o eixo dos x.

Após determinar as coordenadas de P1', calculam-se as coordenadas de P1 fazendo a intersecção da recta que passa por P0 e P1' com a fronteira da área de pesquisa que contém P1, ou seja, usando a equação reduzida da recta que passa por pontos P0 (x0, y0) e P1' (x1, y1) temos,

$$y = m(x - x_0) + y_0$$

em que

$$m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

e fazendo a intersecção com o limite superior da área de pesquisa, isto é,

$$y = \limsup y$$

uma determinação das coordenadas dos pontos P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 é feita de forma análoga.

Para verificar se um ponto se situa à esquerda, à direita ou sobre uma dada semi-recta é necessário determinar o sinal do produto externo entre dois vectores:

- O vector aplicado na origem da semi-recta e extremo no ponto em estudo
- E o vector aplicado na origem da semi-recta e extremo sobre o ponto da semi-recta.

Por exemplo, dada a semi-recta P5P1 e um ponto P de coordenadas (x, y) calcula-se o produto externo

$$\overrightarrow{P_5P_1} \otimes \overrightarrow{P_5P}$$

que é um vector ortogonal ao plano xy e cujo coeficiente é dado por

$$(y - y_5)(x_1 - x_5) - (x - x_5)(y_1 - y_5)$$

Se o coeficiente for positivo então P está à direita de P5P1, se for negativo, P está à esquerda de P5P1 e se for igual a zero, então está sobre a recta que contém P5P1. Deste modo saberemos as direcções sobre as quais incide o ponto de interesse.

3.2.4 Distância dos pontos de interesse

Depois de obtermos a orientação dos pontos de interesse em relação ao utilizador, vamos determinar qual o ponto de interesse a ilustrar na interface da aplicação. Como pode haver mais de um ponto de interesse para uma dada direcção, decidimos mostrar o ponto de interesse mais próximo do utilizador. Para esse efeito usamos as coordenadas GPS do utilizador e as coordenadas do ponto de interesse e obtemos a distância em metros através das seguintes fórmulas:

$$\text{theta} = \text{lon1} - \text{lon2};$$

$$\text{DistRad} = \sin(\text{lat1}) * \sin(\text{lat2}) + \cos(\text{lat1}) * \cos(\text{lat2}) * \cos(\text{theta})$$

Em que dentro de cada região os pontos são ordenados em função da sua distância ao utilizador.

$$\text{Dist} = \text{toDegrees}(\text{acos}(\text{DistRad})) * 60 * 1.1515 * 1.609344 * 1000;$$

Onde 1.609344 é o número de quilómetros numa milha, 60 é o número de minutos num grau, 1.1515 é o número de milhas terrestres numa milha náutica e 1000 é a conversão de quilómetros para metros.

Assim percebemos qual é a distância dos pontos de interesse ao utilizador e podemos ordená-los de acordo com esta distância.

3.3 Interface

A interface desenhada para este sistema, destina-se a permitir pesquisar pontos de interesse que se encontram na vizinhança do utilizador e a identificar visualmente os objectos reais que lhes correspondem. Combinam-se na interface imagens armazenadas dos pontos de interesse, com imagens captadas em tempo real com a câmara do dispositivo. Isto serve, por um lado, como reforço para a percepção da orientação em que o dispositivo aponta e segundo a qual se está a realizar a pesquisa. Por outro lado, serve para identificar o ponto de interesse porque se o ponto de interesse corresponder ao objecto apontado, a sua imagem deverá corresponder à imagem capturada pela câmara. Para que isto seja possível, existem armazenadas na base de dados imagens do ponto de interesse que correspondem a várias orientações de observação. De forma a obtermos coerência sobre o que se está a visualizar é mostrada ao utilizador a imagem com uma orientação mais próxima daquela em que o utilizador se encontra em relação ao objecto real.

A interface está organizada em duas partes distintas: uma parte de configuração e uma interface de pesquisa em função da localização e orientação do utilizador.

3.3.1 Interface de Configuração

A interface de configuração permite ao utilizador personalizar a área de pesquisa que pretende analisar e sincronizar o dispositivo móvel com o GPS e a bússola (Figura 3-6).

A interface de configuração tem duas partes que são mostradas em alternativa através de um *tabControl* com 2 *tabs*:

- Um deles para iniciar a activação da bússola e do GPS e início da pesquisa;
- O segundo para seleccionar a área de pesquisa e categorias dos pontos de interesse.

Na tab “GPS/Compass” existem dois botões para activar, o botão “Turn On Compass” para sintonizar o dispositivo móvel com a bússola e o botão “Turn On GPS” para activar o GPS. Através destes dois botões o dispositivo obtém a localização geográfica do utilizador, a latitude e a longitude, e os dados da bússola indicando a orientação para onde este está virado. Como a posição dos dados do GPS estão em constante movimento, mesmo que o utilizador esteja parado, apenas iremos retirar a localização espacial do utilizador uma vez de forma a não sobrecarregar o dispositivo móvel com mudanças constantes da sua localização. Apenas a pedido do utilizador será feita nova leitura da sua posição. Deixa-se ao critério do utilizador avaliar se houve uma variação significativa da sua localização que requeira nova pesquisa e a reorganização das orientações dos pontos de interesse relativamente à posição dos utilizadores.

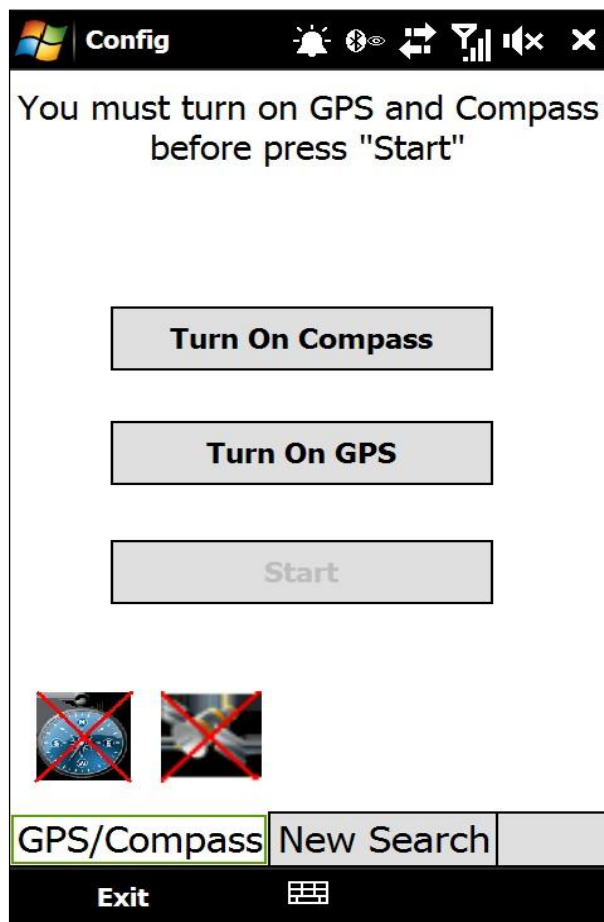


Figura 3-6 - Interface de configuração: GPS e bússola estão inactivos

Abaixo do botão “Start” temos duas imagens, a primeira contém uma fotografia de uma bússola e a segunda uma fotografia de um satélite. Ambas as imagens dizem respeito ao estado da bússola e do GPS. A cruz a vermelho que se verifica nas imagens significa que não existe nenhuma ligação entre os dispositivos com o dispositivo móvel. Se as ligações do GPS e da bússola (ao carregar nos botões respectivos) forem efectuadas com sucesso, a cruz que existe nas imagens da bússola e do GPS desaparece indicando que ambos estão operacionais, também a cor do texto do botão da bússola e do GPS muda para um tom menos carregado ficando os botões inactivos. Este comportamento avisa o utilizador sobre o estado do GPS e da bússola (Figura 3-7). Desta forma o utilizador apenas pode carregar nos botões até que o GPS e a bússola estejam ligados, ficando depois inactivos. Quando o GPS e a bússola estão correctamente ligados o botão “Start” fica activo para ser possível iniciar a pesquisa dando acesso à interface de pesquisa.



Figura 3-7 - GPS e bússola estão activos

É apenas ao carregar no botão “Start” que o sistema captura a localização espacial do utilizador, desencadeia a pesquisa de pontos de interesse na base de dados e passa à interface de pesquisa. Caso o utilizador pretenda obter uma nova pesquisa com uma nova localização terá de voltar novamente ao *tab* “GPS/Compass” da interface de configuração. Para esse efeito deverá seleccionar o botão “Opções” na barra inferior da interface de pesquisa para voltar à interface de configuração.

Na *tab* “New Search” da interface de configuração pretendemos personalizar a área de pesquisa (figura 3-8). Nesta parte da interface o utilizador pode especificar qual o tamanho, em metros, da área de pesquisa que pretende analisar através de uma *comboBox*. Pode também escolher quais os pontos de interesse que pretende analisar. Por uma questão de estética e do espaço reduzido do ecrã decidiu-se usar imagens de forma a indicar as categorias dos pontos de interesse disponíveis. As imagens são de fácil compreensão e ocupam pouco espaço. Os pontos de interesse são seleccionados através de uma *checkbox* e por omissão todas as categorias de pontos de interesse estão seleccionados. Se o utilizador pretender apenas uma categoria ou mais, basta-lhe

carregar na *checkBox* “SelectAll” de forma desseleccionar todos os pontos de interesse e depois seleccionar as categorias que pretender (exemplo da figura 3-8).

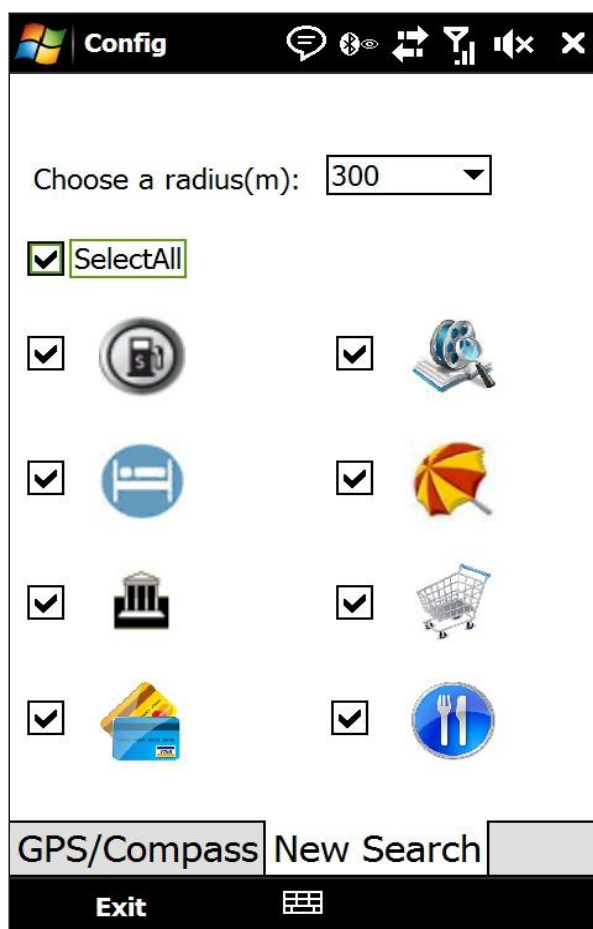


Figura 3-8 - Personalização da área de pesquisa

3.3.2 Interface de Pesquisa

Na interface de pesquisa são mostrados no ecrã resultados da pesquisa à base de dados de pontos de interesse, sendo possível a obtenção de detalhes a pedido relativamente aos pontos encontrados (Figura 3-9).

Esta interface está dividida em três áreas principais:

- Área de imagens em tempo real (Figura 3-9-1) – Onde é mostrada a imagem real que é capturada através da câmara do dispositivo móvel.
- Área da bússola digital (figura 3-9-2) – Contém a representação da rosa-dos-ventos (pontos colaterais e cardeais) cuja orientação varia de acordo com a movimentação do dispositivo, ficando sobreposta à área de imagens em tempo real.

- Área de consulta de pontos de interesse (Figura 3-9-3) – Onde se consulta a informação dos pontos de interesse detectados na pesquisa.

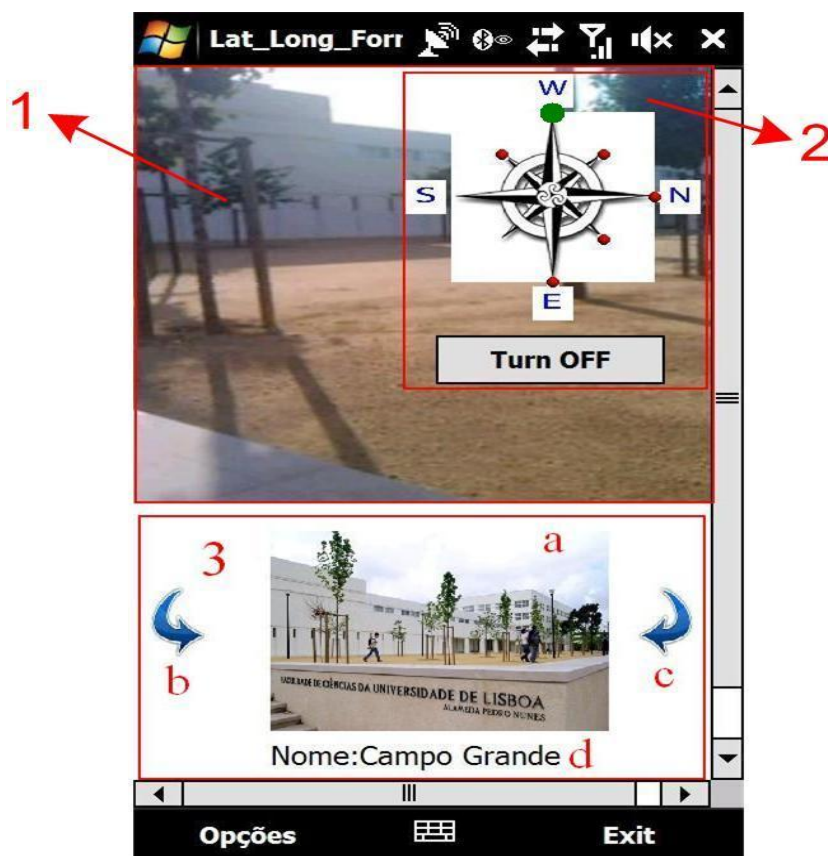


Figura 3-9 - Áreas da interface. Em 1 temos a área de imagens captadas em tempo real; Em 2 a bússola digital. E em 3 temos a informação sobre os pontos de interesse que se divide em: a) imagens armazenadas, b) seta para sequência no sentido directo, c) seta para sequência no sentido retrógrado e em d) identificação dos pontos de interesse.

3.3.3 Área de imagens em tempo real

De forma a obter uma noção mais realista do que se está a visualizar o sistema mostra, como fundo da bússola digital uma imagem do mundo real para onde o sistema está a apontar. Esta parte da interface serve como auxílio ao utilizador no sentido de o ajudar a comparar as imagens mostradas na área de consulta de pontos de interesse com os objectos do mundo real que o utilizador observa (orientação em que o dispositivo aponta) (ver figura 3-9-1 e figura 3-9-3 (a)).

Por agora a captura de imagens é apenas um complemento da interface, mas futuramente terá um papel fundamental na análise da imagem do ponto de interesse. O

objectivo é analisar a imagem tentando descobrir padrões que se assemelhem aos pontos de interesse desejados.

3.3.4 Área da bússola digital

A representação da bússola digital é constituída pelos pontos cardeais e colaterais. A orientação do dispositivo indicada pela bússola corresponde à direcção vertical e ao sentido ascendente indicado pela representação da bússola.

Por baixo da bússola existe um botão *Turn ON/Turn OFF* que, respectivamente, activa e desactiva a actualização dinâmica da orientação da bússola, consoante o movimento do utilizador.

Sobre as extremidades dos segmentos da bússola digital, correspondentes às orientações dos pontos cardeais e colaterais, são colocados pequenos círculos coloridos, no caso de terem sido encontrados pontos de interesse na área de pesquisa segundo essa orientação.

Estes círculos podem ter cor vermelha ou verde. O círculo terá a cor verde se for essa a direcção segundo a qual se encontra o ponto que está a ser mostrado na área de consulta de pontos de interesse. Os outros círculos, que eventualmente existam segundo outras orientações, têm a cor vermelha porque os pontos de interesse que representam não estão a ser visualizados.

Para facilitar a identificação do círculo verde, este círculo tem um raio superior aos círculos vermelhos, uma vez que esta aplicação se destina a ser usada no exterior, onde as condições de luminosidade são variáveis. Por outro lado, a distinção da marca também pelo tamanho favorece o seu reconhecimento por utilizadores com dificuldades de percepção de cor.

Damos a oportunidade ao utilizador de poder escolher livremente qual a direcção que pretende visualizar e se, por exemplo, este não estiver a olhar para uma direcção com pontos de interesse pode rapidamente seleccionar na bússola digital um ponto que esteja a vermelho e nesse momento obtém a informação sobre essa direcção. Em 3.3.6 explicar-se-á este modo de interacção.

3.3.5 Área de consulta de pontos de interesse

Na interface da área de consulta, é-nos mostrado uma imagem de um ponto de interesse. Por omissão, o ponto de interesse mostrado é o ponto mais próximo do

utilizador segundo a orientação que o dispositivo aponta. Quando estamos perante uma situação em que a bússola digital aponta para uma direcção onde não existe nenhum círculo, isto significa que não contém nenhum ponto de interesse e esta área da interface aparecerá vazia (figura 3-11).

Esta área inclui quatro subáreas:

- Uma imagem do ponto de interesse activo. No caso de haver várias imagens, escolhe-se a imagem que foi capturada numa posição mais próxima da posição actual do utilizador. Para os pontos de interesse em que não há imagens disponíveis, é usado o ícone utilizado pelo sistema MoViSys [Matos07] na representação com mapas (Figura 3-9-3 (a));
- Uma seta para percorrer sucessivamente vários pontos de interesse segundo o sentido directo (Figura 3-9-3 (b));
- Uma seta para percorrer sucessivamente vários pontos de interesse segundo o sentido retrógrado (Figura 3-9-3 (c));
- Identificador do ponto de interesse que se está a visualizar (Figura 3-9-3 (d)).

O ponto de interesse activo é, por omissão aquele que está mais próximo do utilizador na direcção em que o dispositivo aponta. Como se explica a seguir pode mudar-se o ponto de interesse activo de modo a percorrer outros pontos de interesse dentro da área de pesquisa.

Ao carregar sobre a imagem abre-se uma janela com os detalhes do ponto de interesse que se está a visualizar (Figura 3-10)

Se o utilizador quiser obter informação sobre outros pontos de interesse existentes sobre a mesma direcção, pode carregar em qualquer uma das setas. Para mudar de direcção, basta apontar o dispositivo móvel para a orientação pretendida ou então carregar com o ponteiro no círculo colocado sobre essa orientação da bússola.



Figura 3-10 - Informação detalhada do ponto de interesse a visualizar.

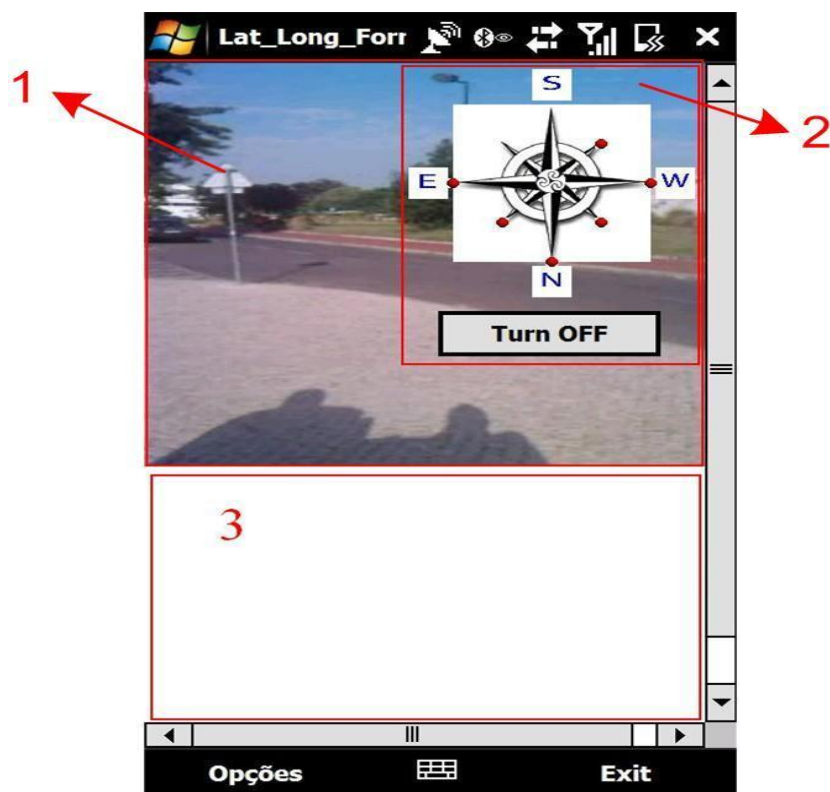


Figura 3-11 - Orientação sem nenhum ponto de interesse

3.3.6 Modo dinâmico vs Modo Estático

Para dar uma certa flexibilidade ao utilizador no modo de consulta dos pontos de interesse que estão contidos na área de pesquisa, existem dois modos de interacção: dinâmico e estático.

No modo dinâmico obtém-se a informação rodando o dispositivo móvel na direcção pretendida pelo utilizador. Neste caso, a bússola digital roda de acordo com a movimentação do dispositivo e se existir algum ponto de interesse nessa direcção então aparece a imagem do ponto de interesse mais próximo do utilizador e sobre a bússola aparece um círculo verde, de maior dimensão, no sentido ascendente. Se existir mais do que um ponto de interesse na direcção sobre a qual se está a apontar, pode-se percorrer sequencialmente os pontos de interesse carregando nas setas (Figura 3-9-3 (b) e (c)). Este modo dinâmico está activo por omissão.

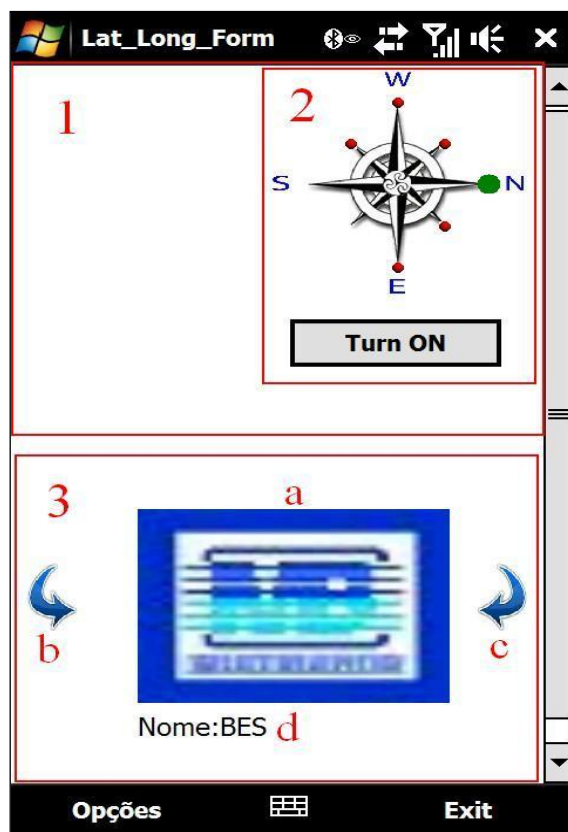


Figura 3-12 – Interface no modo estático

No modo estático o utilizador visualiza por si todos os pontos de interesse que estão contidos na área de pesquisa sem precisar de rodar ou apontar o dispositivo. Neste

caso a movimentação da bússola digital está desactivada. Para desactivar a bússola carrega-se no botão “Turn OFF” por baixo da bússola digital ou, em alternativa, carrega-se num dos círculos vermelhos (com diâmetro menor) da bússola digital.

Para se poder visualizar um ponto de interesse numa dada direcção basta carregar sobre a bússola nos círculos correspondentes à orientação pretendida. Este círculo passa a verde e o seu diâmetro aumenta (Figura 3-12-2). É mostrado o ponto de interesse mais próximo e se quisermos ver os pontos que existem na mesma direcção ou nas direcções seguintes carrega-se nas setas. Ao percorrer uma direcção com as setas e se forem esgotados os pontos segundo essa direcção, passa a ser ilustrado o ponto da direcção a seguir no sentido directo ou retrógrado, consoante a seta que se estiver a usar. Quando se passa de uma orientação para uma nova orientação, o círculo da nova orientação passa a verde e o diâmetro aumenta, o círculo da anterior passa a vermelho e o seu diâmetro diminui. No exemplo da figura 3-12, o dispositivo antes da desactivação da bússola apontava para Oeste e o ponto de interesse activo que está a ser visualizado está localizado a norte do utilizador.

Neste modo as imagens capturadas pela câmara são desactivadas, devendo-se, por um lado a questões de eficiência e por outro lado, a questões de coerência, pois como a bússola não é actualizada a orientação relativamente ao utilizador pode não corresponder à orientação das imagens da câmara.

Se o utilizador decidir efectuar nova pesquisa, existe na barra inferior de menus o botão “Opções” que permite voltar à interface de configuração para simplesmente voltar a determinar a posição do utilizador ou além disso definir uma nova área de pesquisa ou actualizar as categorias de pontos de interesse.

3.4 Alteração do modelo da base de dados do sistema MoViSys

Como referido no ponto 1.2, este trabalho tinha como objectivo estender as funcionalidades do sistema MoViSys [Carmo 2008]. Para a concretização de interface de pesquisa desenvolvida neste trabalho foi necessário guardar mais informação na base de dados sobre cada ponto de interesse, nomeadamente uma ou mais imagens e a caixa envolvente que lhe está associada. Foram adicionadas duas tabelas, uma designada “Imagem” contendo as imagens dos pontos de interesse e outra designada de

“*BoundingBox*” contendo as coordenadas dos quatro pontos extremos de um ponto de interesse (Figura 3-13).

A tabela “Imagem” contém o *id* do ponto de interesse, uma imagem do ponto de interesse correspondente de forma a ser visualizada na figura 3-9-3 (a), e a direcção do objecto relativamente à câmara que recolheu a imagem. Podemos ter para cada ponto de interesse uma ou mais imagens relativas a uma ou mais direcções. As direcções fazem a correspondência entre a imagem e a direcção do utilizador, de forma a mostrar a imagem que mais se assemelha com o que o utilizador está a observar.

A tabela “*boundingBox*” contém o *id* do ponto de interesse, a latitude e a longitude dos quatro pontos extremos de um edifício. Deste modo poderemos obter os pontos reais que delimitam um ponto de interesse.

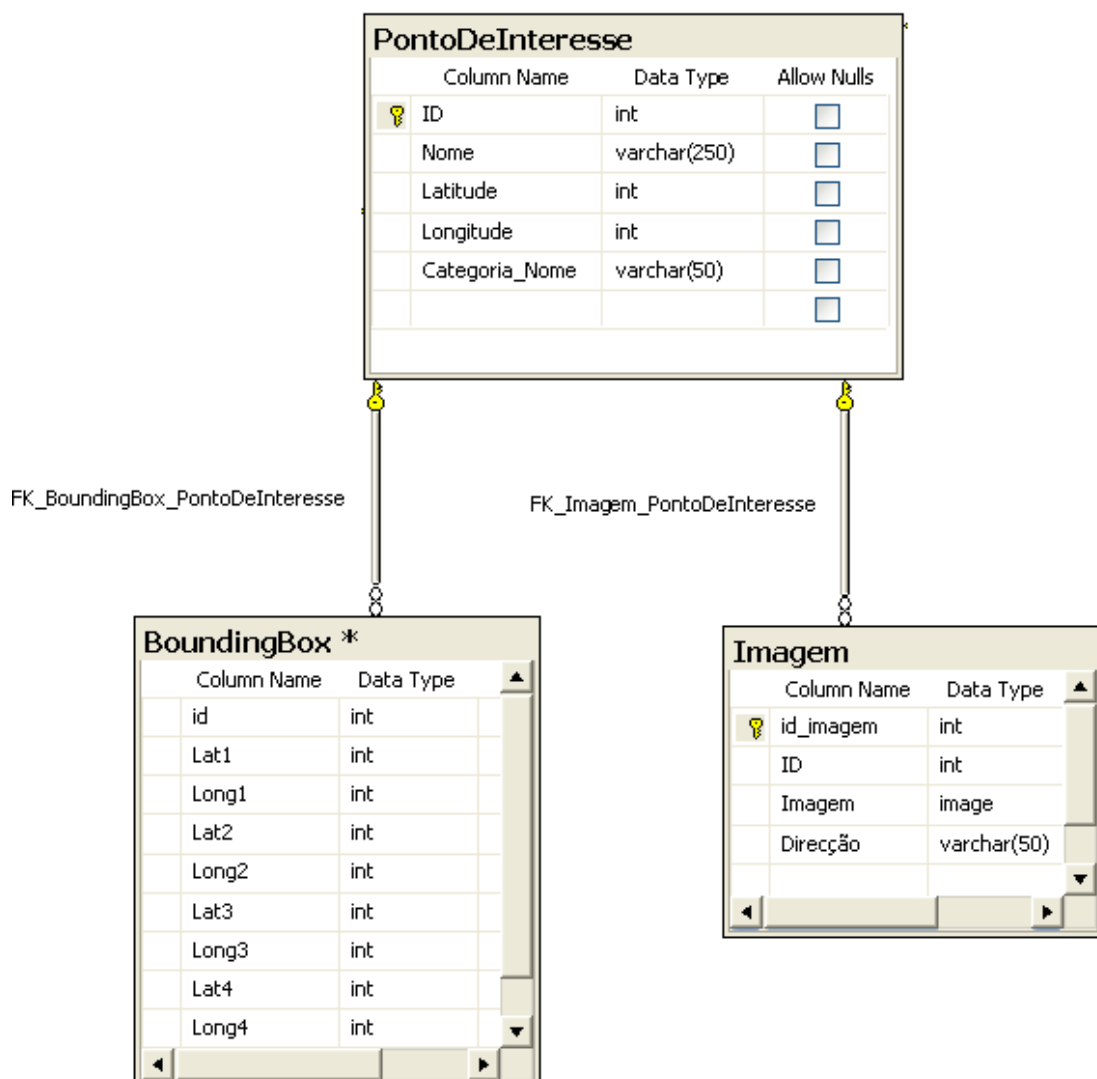


Figura 3-13 – Alterações ao modelo da base de dados do sistema MoVisys.

3.5 Arquitectura do Sistema

Este protótipo foi desenvolvido para Pocket PC, com o sistema operativo Windows Mobile 6.1, utilizando o Net Compact Framework 3.5, a linguagem de programação C# e o DirectShow para captura de imagem. Foi utilizado um dispositivo HTC Touch HD™ T8282 com ecrã táctil de 3.8 polegadas, resolução 480 x 800 e uma câmara de 5 megapixels.

O dispositivo móvel usado não tem bússola integrada. Para determinar a orientação do dispositivo, foi usada uma bússola da LEGO usada em aplicações de robótica. Esta bússola interliga-se com o dispositivo móvel, através do auxílio de um dispositivo NXT da LEGO, que faz a comunicação da informação de orientação para o PDA através de *bluetooth*.

Utilizou-se a base de dados de pontos de interesse criada para o sistema MoViSys [Vaz 2008], usando o SQL Server. Foi contudo necessário juntar mais informação em relação a cada ponto de interesse, nomeadamente, sobre a caixa envolvente e as imagens relativas a pelo menos uma orientação. A orientação em que foi captada a imagem fica registada, de modo a ser mostrada a imagem mais adequada à posição em que o ponto de interesse se encontra relativamente ao observador. Para os pontos de interesse em que não há imagens disponíveis, é usado o ícone utilizado pelo sistema MoViSys [Matos 2007] na representação com mapas (Figura 3-12).

A ligação entre as várias componentes do sistema está representada na Figura 3-14.

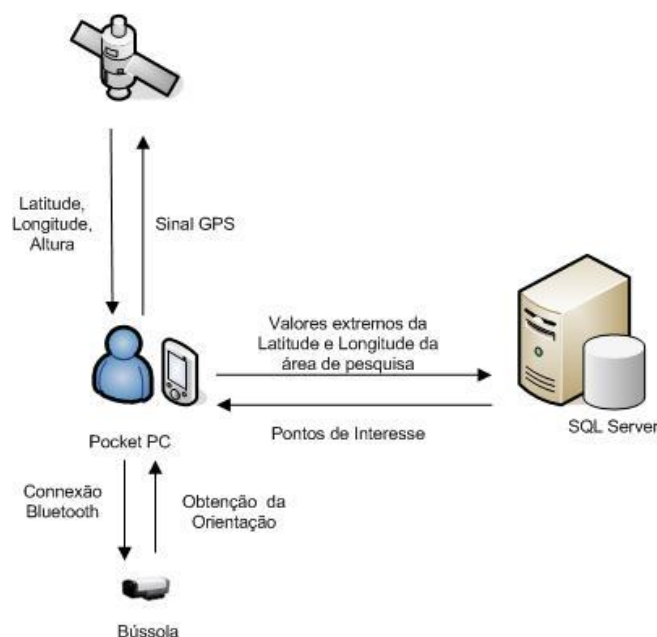


Figura 3-14 – Arquitectura do Sistema

Capítulo 4

Conclusões e Perspectivas Futuras

Nesta secção apresenta-se um resumo do trabalho realizado, retiram-se algumas conclusões e elabora-se as perspectivas para trabalho futuro.

4.1 Conclusões

Devido à crescente evolução dos dispositivos móveis, com o surgimento de modelos equipados com câmara digital e sensores de posição e de orientação, foi possível desenvolver um sistema que permite explorar novas técnicas de pesquisa e visualização de informação geo-referenciada. O trabalho surgiu da necessidade de enriquecer a visualização de pontos de interesse em dispositivos móveis. Tendo como objectivo complementar a interface de pesquisa já existente no sistema MoViSys [Carmo 2008] com mecanismos que permitam efectuar a ligação dos pontos de interesse assinalados no mapa aos objectos reais que estes representam.

Neste sentido foi concebida uma aplicação, para a pesquisa de pontos de interesse em função da localização e da orientação do utilizador, tirando partido do GPS e da câmara do dispositivo móvel e de uma bússola externa ao dispositivo. Para caso de estudo foram utilizados dados da área de turismo já usados no desenvolvimento do sistema MoViSys [Pombinho 2008].

Foram acrescentadas mais 2 tabelas ao modelo da base de dados definido para o sistema MoViSys para incorporar imagens relativas a cada ponto de interesse e ainda a sua caixa envolvente.

Este sistema foi pensado com o intuito de experimentar diferentes técnicas para pesquisa e visualização de informação geo-referenciada, tentar identificar o objecto real a que corresponde e tentar perceber se as diferentes técnicas, bússola, GPS e câmara, funcionam em conjunto proporcionando uma maior liberdade de escolha da interacção com a aplicação. O resultado da integração destas três tecnologias foi bem sucedido.

4.2 Perspectivas Futuras

Como perspectivas futuras podem ser melhorados alguns aspectos da interface, do processamento e da visualização dos pontos de interesse. Relativamente à interface é necessário fazer a avaliação com o utilizador. Isto permitirá corrigir eventuais problemas e perceber a grande satisfação com este tipo de interfaces.

A nível do processamento, otimizar o refrescamento da imagem captura permitirá melhorar o desempenho da aplicação tornando-a mais rápida na resposta aos pedidos do utilizador.

A utilização de bússola pode também contribuir para melhorar a visualização com mapas já existente no sistema MoViSys, onde seria interessante implementar um sistema de mapa *heading-up* em vez do *north-Up* existente. Como foi referido no ponto 2.4.5 a orientação *heading-up* trás benefícios reais ao utilizador no sentido de ser mais rápido a localizar-se no ambiente onde se insere.

Usando a imagem capturada pelo dispositivo móvel poderemos analisá-la de modo a confirmar se o objecto real observado pelo utilizador corresponde efectivamente ao ponto de interesse devolvido pela pesquisa que corresponde ao ponto mais próximo segundo a direcção de observação. Por exemplo, se o utilizador definir um raio de pesquisa superior à distância a que se encontram os objectos mais próximos do utilizador pode acontecer que o ponto de interesse mais próximo esteja atrás dos objectos mais próximos e por eles escondidos. Neste caso o ponto de interesse não deverá ser mostrado porque não corresponde aquilo que o utilizador está a observar.

Outro recurso a explorar é a utilização do acelerómetro do dispositivo móvel que permitirá desenhar outras formas de interacção.

Bibliografia

- [Aloi et al 2007] D. N. Aloi, M. Alsliety, and D. M. Akos (2007) *A Methodology for the Evaluation of a GPS Receiver Performance in Telematics Applications*, IEEE Transactions on Instrumentations and Measurement, vol. 56, issue 1, IEEE.
- [Aretz & Wickens 1992] Aretz, A.J. and Wickens, C.D. 1992. *The mental rotation of map displays*. Human Performance, 5, 4, 303-328. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Philadelphia, PA, USA.
- [Azuma 1997] R. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," Presence: Teleoperators and Virtual Environments. vol. 6, no. 4, Aug. 1997, pp. 355-385.
- [Azuma et al 2001] Ronald Azuma, Yohan Baillet, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, and Blair MacIntyre, *Recent advances in augmented reality*, IEEE Computer Graphics and Applications 21 (2001), no. 6, 34-47, ISSN 0272-1716.
- [Capin et al 2008] Capin, T., Pulli, K., and Akenine-Möller, T. 2008. *The State of the Art in Mobile Graphics Research*. IEEE Comput. Graph. Appl. 28, 4 (Jul. 2008), pp. 74-84.
- [Carmo 2008] Maria Beatriz Carmo, Ana Paula Afonso, Paulo Pombinho de Matos, Ana Vaz, "MoViSys - A Visualization System for Geo-Referenced Information on Mobile Devices", Proceedings VISUAL 2008, pp 167-178, Salerno, Sept, 2008.
- [Darken 1999] Darken, R.P. and Cevik, H. 1999. *Map Usage in Virtual Environments: Orientation Issues*. In proceedings of the IEEE Virtual Reality, (Houston, TX, USA, Mar. 13-17, 1999). VR 1999. 133- 140.
- [Egenhofer 1999] M. Egenhofer. *Spatial Information Appliances: A Next Generation of Geographic Information Systems*, 1st Brazilian Workshop on GeoInformatics, Campinas, Brazil, 1999.

- [Glockner et al 02] H. Glockner, B. Rodenhäuser. Institute for Mobility Research (IFMO): *The Future of Mobility - Scenarios of the Year 2020*,” Berlin, Germany, 2002.
- [Hermann 2003] Hermann, F., Bieber, G. and Duesterhoeft, A. 2003. *Egocentric maps on mobile devices*. In proceedings of 4th International Workshop on Mobile Computing. (Providence, RI, USA, May 19- 22) ICDS 2003. IRB Verlag, Stuttgart, Germany, 141- 158.
- [Höllerer et al 1999] Höllerer, T., Feiner, S., Terauchi, T., Rashid, G., and Hallaway, D. *Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System*. Computers and Graphics, 23(6), Elsevier Publishers, Dec. 1999, pp. 779-785, 1999
- [Huey & Wickens 1993] HUEY, B.M. and WICKENS, C.D., 1993, *Workload Transition* (Washington DC: National Academy Press).
- [Kaasinen 2003] Kaasinen, E., “*User Needs for Location-Aware Mobile Services*.” Personal and Ubiquitous Computing, Volume 7, Issue 1, May 2003.
- [Zipf & Malaka 2000] Malaka, R. and Zipf, A. (2000): DEEP MAP - Challenging IT research in the framework of a tourist information system. In: Fesenmaier, D. Klein, S. and Buhalis, D. (Eds.): *Information and Communication Technologies in Tourism 2000*. Proceedings of ENTER 2000, 7th. International Conference. Barcelona. Springer Computer Science, Wien, New York. 15-27.
- [Zipf & Malaka 2001] Zipf, A. and Malaka, R. (2001): *Developing "Location Based Services" (LBS) for tourism – The service providers view*. In: Sheldon, P., Wöber, K. and Fesenmaier D. (Eds.): *Information and Communication Technologies in Tourism 2001*. Proceedings of ENTER 2001, 8th International Conference. Montreal. Springer Computer Science. Wien, NewYork. 83-92.
- [Matos 2007] P. P. de Matos, M. B. Carmo, A. P. Afonso. *Visualização de Informação Georeferenciada em Dispositivos Móveis*. Actas do 15º Encontro Português de Computação Gráfica, Porto Salvo, 15 -17 Outubro de 2007, pp 183-188

- [Mellers 2004] Mellars, B. *Forensic examination of mobile phones*. Digital Investigation, 1 (4) 266-272. (2004).
- [Milgram 1994] Milgram P., F. Kishino: *A taxonomy of mixed reality visual displays*. EICE Transactions on Information Systems, Vol E77-D, No.12 December 1994
- [Pombinho 2008] Pombinho, Paulo. (2008) *Visualização de Informação Geo-Referenciada em Dispositivos Móveis*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- [Prison 2007] Prison, J. and Porathe, T. 2007. *Navigation with 2-D and 3-D Maps: A Comparative Study* with Maritime Personnel In the Proceedings of the 39th Nordic Ergonomics Society Conference (Lysekil, Sweden, Oct 1- 3, 2007)
- [Rafferty 1999] O'Rafferty, R. P., O'Grady, M. J., and O'Hare, G. M. 1999. *A Rapidly Configurable Location-Aware Information System for an Exterior Environment*. In Proceedings of the 1st international Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (Karlsruhe, Germany, September 27 - 29, 1999). H. Gellersen, Ed. Lecture Notes In Computer Science, vol. 1707. Springer-Verlag, London, 334-336.
- [Rekimoto & Katashi, 1995] Jun Rekimoto, e Katashi Nagao, "*The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments*", Proceedings of the Symposium on User Interface Software and Technology, Pittsburgh, pp. 29-36, 15-17 de Novembro, 1995.
- [Rossano 1989] Rossano, M. J., and Warren, D.H. 1989. *Misaligned maps lead to predictable errors*. In Perception. Pion Ltd. London, England, 18, 215-229
- [Sas 2003] Sas, C., O'Grady, M., and O'Hare, G. 2003. *Electronic navigation – some design issues*. In proceedings of Mobile HCI (Udine, Italy, Sept 8- 11, 2003). MobileHCI03. Springer, Heidelberg, Germany , 471-475.
- [Seager 2007] Seager, W. and Stanton-Fraser, D. 2007. *Comparing Physical, Automatic and Manual Map Rotation for Pedestrian Navigation*. In ACM SIGCHI Conference on Computer-Human Interaction.

- (San Jose, CA, USA, April 28- May 3, 2007) CHI 2007. ACM Press, New York, NY, 767 – 776.
- [Simon 2005] Rainer Simon, Harald Kunczler, Hermann Anegg. *Towards Orientation-Aware Location Based Mobile Services*. 3rd Symposium on LBS and TeleCartography, Vienna, Austria, November 2005
- [Simon 2007] R. Simon, P. Fröhlich *GeoPointing: Evaluating the Performance of an Orientation-Aware Location Based Service under Real-World Conditions* 4th International Symposium on LBS & TeleCartography (LBS2007), Hong Kong, China, November 8-10, 2007.
- [Smets et al 2008] Smets, N. J., te Brake, G. M., Neerincx, M. A., and Lindenberg, J. 2008. *Effects of mobile map orientation and tactile feedback on navigation speed and situation awareness*. In Proceedings of the 10th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices and Services (Amsterdam, The Netherlands, September 02 - 05, 2008). MobileHCI '08. ACM, New York, NY, 73-80.
- [Steven 2009] Steven J. Vaughan-Nichols, "Will Mobile Computing's Future Be Location, Location, Location?," Computer, vol. 42, no. 2, pp. 16-19, Feb. 2009, doi:10.1109/MC.2009.65
- [Strawn 2009] C. Strawn. *Expanding the Potential for GPS Evidence Acquisition*. Forensics Journal, Vol. 3, N°1, June 2009.
- [Vallino 1998] VALLINO, J. R. *Interactive Augmented Reality*. University of Rochester, New York, 1998.
- [Vaz 2008] A.Vaz, P. P. de Matos, A. P. Afonso, M. B. Carmo. *MoViSys - Um Sistema de Visualização para Dispositivos Móveis*. Actas Interacção 2008, Évora, Out. 2008, pp 165-174.
- [Viita 2006] Viita, D. Werner, S. 2006. *Alignment effects on simple turn decisions in track-up and north-up maps*. In proceedings of the Human factors and ergonomics society 50th Annual meeting. (San Francisco, CA, USA, Oct. 16- 20). HFES 2006. HFES, Santa Monica, CA, 1519- 1522.
- [Wagner 2003a] Wagner, D., Schmalstieg, D. *First Steps Towards Handheld Augmented Reality*. Proceedings of the 7th International

- Conference on Wearable Computers (ISWC 2003), pp. 127-135, 2003, USA
- [Wagner 2003b] Wagner, D., Schmalstieg, D., *ARToolKit on the PocketPC Platform*, The Second IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop, 2003, Japan This publication discusses the predecessor of ARToolKitPlus and hence the first real-time 6DOF tracking solution running natively on off-the-shelf PDAs.
- [Wagner 2005] Wagner, D., Pintaric, T., Ledermann, F., Schmalstieg, D., *Towards Massively Multi-User Augmented Reality on Handheld Devices*, Proceedings of Third International Conference on Pervasive Computing, Pervasive 2005, May 2005, pp. 208-219.
- [Wagner Thesis 2005] Wagner, D., *Handheld Augmented Reality*, Graz University of Technology, Austria, October 2007, pp.7
- [Wagner & Schmalstieg 2007] Daniel Wagner, e Dieter Schmalstieg, “*ARToolKitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices*”, Proceedings of the Computer Vision Winter Workshop, St. Lambrecht, 06-08 de Fevereiro, 2007.
- [Wasinger 2003] R. Wasinger, C. Stahl, and A. Krüger (2003) *M3I in a Pedestrian Navigation & Exploration System*, Proceedings of MobileHCI 2003, Udine, Italy2003, pp. 481-485
- [Wickens 1996] Wickens, C.D., Liang, C-C., Prevet, T., Olmos, O. 1996. *Electronic maps for terminal area navigation: effects of frame of reference and dimensionality*. The international journal of aviation psychology, Lawrence Erlbaum Associates, 6, 3 (July 1996), 241-271.
- [Zipf 2002] ZIPF, A. (2002): *User-Adaptive Maps for Location-Based Services (LBS) for Tourism*, in WOEBER, K., A. FREW & M. HITZ (Eds.), Proceedings of the 9th International Conference for Information and Communication Technologies in Tourism, ENTER 2002, Springer, Heidelberg.
- [URL aboutGPS] aboutGPS. Retrieved from <http://www8.garmin.com/aboutGPS/>
- [URL Amire] Amire – Authoring Mixed Reality, <http://www.amire.net/>
- [URL AssistedGPS] AssistedGPS. <http://www.gpsworld.com/gps/assisted-gps-a-low-infrastructure-approach-734>

- [URL GPS] Sistema de Posicionamento Global. [Online] 2002.
<http://www.cienciaviva.pt/latlong/anterior/gps.asp>.
- [URL GPSPassion] GPSPassion.
<http://www.gpspassion.com/Hardware/explained.htm>
- [URL Kowoma] Kowoma. <http://www.kowoma.de/en/gps/errors.htm>
- [URL Navigon] Navigon. <http://www.navigon.com>
- [URL NDrive] NDrive. <http://www.ndriveweb.com>.
- [URL TomTom] Tom Tom Car Navigation System. <http://www.tomtom.com>.
- [URL WikitudeDrive] Wikitude Drive – AR Navigation System,
<http://www.mobilizy.com/drive>
- [URL WikitudeWorldBrowser] Wikitude World Browser, <http://www.wikitude.org/>
- [URL Worldatlas] Worldatlas. <http://www.worldatlas.com/aatlas/imageg.htm>

Anexo – Realidade Aumentada

Resume-se em seguida a pesquisa efectuada sobre ferramentas de realidade aumentada e geração de imagens.

Como já foi referido existem três factores a ter em conta no processo da realidade aumentada: Captura de vídeo, o rastreamento e a geração de imagem.

Para concretizar estas três fases temos:

Na captura de vídeo:

- A cena real é capturada por um sensor de imagem.
- Usa-se uma biblioteca de captura de vídeo para obtenção da imagem pela aplicação.

Rastreamento de marcadores:

- A imagem é rastreada em busca de marcadores fiduciais
- São utilizadas técnicas de reconhecimento de padrões para detectar as marcas.
- Se as marcas forem detectadas, estima-se a sua posição e orientação.

Na geração de imagem da cena virtual:

- Usa-se uma biblioteca gráfica.

Assim podemos determinar com melhor exactidão os vários passos de forma a representar a realidade aumentada:

- 1 A cena real é capturada por um sensor de imagem (EX: Câmara do PDA).
- 2 A imagem é obtida pela aplicação através de uma biblioteca de captura de vídeo
- 3 Rastreamento da imagem em busca de marcadores fiduciais, de forma a utilizar técnicas de reconhecimento de padrões específicos.
- 4 Estimativa da posição e orientação dos respectivos objectos virtuais.

- 5 Renderização da cena virtual sobreposta à cena real, com o auxílio de uma biblioteca gráfica.
- 6 Resultado final é exibido no dispositivo móvel.

Depois de se ter definido os vários passos para concretizar um sistema de realidade aumentada, procuraram-se as tecnologias existentes de forma a reproduzir todos os passos anunciados. As tabelas 1, 2 e 3 sumarizam a pesquisa efectuada em termos de software para, respectivamente, captura de vídeo, rastreamento de marcadores e geração de imagens.

Ferramenta	Nível de Programação	Plataforma	Observações
DirectShow	Baixo	Windows Mobile, Windows, Linux, Mac OS	Funciona em dispositivos móveis e em Desktop
DsVideoLib	Alto	-	Desktop
DsVideoCE	Alto	Dispositivos Móveis	Versão da DsVideoLib para dispositivos móveis.
OpenCV	-	Windows e Linux	É feito em C, mas existe também em c# e Python
Video4Linux	-	Linux	-
SDK	-	-	SDK próprios de algumas câmaras
API específica do seu SO	-	-	-

Tabela 1: Ferramentas de captura de vídeo para *desktop* e dispositivos móveis

Ferramenta	Nível de Programação	Plataforma	Observações
Artoolkit	Baixo	Windows,Linux, Dispositivos Móveis	Codifica apenas 50 marcadores e usa marcadores físicos
JArtoolkit	Alto	-	Artoolkit a funcionar em Java, mas com menos funcionalidades
ArtoolkitPlus	Baixo	Windows, Windows Mobile	Codifica 4096 marcadores
Artag	-	Linux	Codifica 2002 marcadores
MXRToolkit	-	-	Codifica marcadores quadrados até um máximo de 20
Bazar	-	-	Rastreamento de características naturais

Tabela 2: Ferramentas de rastreamento de marcadores para *desktop* e dispositivos móveis

Ferramenta	Nível de Programação	Plataforma	Observações
OpenGL	Baixo	Windows, Linux, Mac OS	Todas menos para dispositivos móveis
Direct3D	Baixo	Windows	Alternativa ao OpenGL
Open Inventor	Alto	Linux	-
Coin 3D	Alto	Windows e Mac	Open Source do Open Inventor
Java3D	Alto	-	-
OpenVRML	Alto	-	-
OGRE	-	Windows, Linux, Mac OS	-
OpenGL ES	Baixo	Pocket PC	-
Klimt	Baixo	Pocket PC	Possui algumas optimizações para os sistemas Pocket PC
Direct3D Mobile	Alto	Windows Mobile	Nível de abstracção é quase o mesmo de OpenGL e OpenGL ES
J2ME (M3G)	Alto	Para dispositivos móveis	Tem a desvantagem de ser lento.

Tabela 3: Ferramentas de geração de imagem para *desktop* e dispositivos móveis

Em resumo, as ferramentas existentes nos dispositivos móveis para a captura do vídeo são o *DirectShow*, *DsVideoCE*, SDK das próprias câmaras e API específicas do seu sistema operativo. Para o rastreamento dos marcadores apenas existe de domínio público o *Artoolkit* e o *Artoolkitplus*. Para a renderização de gráficos tridimensionais temos ferramentas como o *OpenGL ES*, *Klimt*, *Direct3D* e o *J2ME*.

Graças a estas ferramentas podemos criar uma aplicação capaz de reproduzir a realidade aumentada que é um dos objectivos deste trabalho.